

В. Г. КОРОЛЬКОВ

ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 584

В. Г. КОРОЛЬКОВ

ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 681.846 7
К68

Описывается методика испытаний магнитофонов, в которых применяется магнитная лента шириной 6,25 мм. Книга рассчитана на технический персонал предприятий, изготавливающих или эксплуатирующих магнитофоны, на студентов и квалифицированных радиолюбителей.

Корольков Вадим Георгиевич
ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ
М.—Л., издательство «Энергия», 1965, 88 стр. с илл.
(Массовая радиобиблиотека. Вып 584)
Сводный тематический план «Радиоэлектроника и связь», 1965 г, № 202

* * *

Редактор *Д. П Василевский*
Техн. редактор *Н. С Мазурова*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 3/VI 1965 г. Подписано к печати 13 IX 1965 г.
Т-13208 Бумага 84×108 1/32 Печ. л. 4,62 Уч.-изд. л. 6,55
Тираж 86 000 экз. Цена 26 коп. Заказ № 1708

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати,
Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ВВЕДЕНИЕ

Магнитофон представляет собой сложное сочетание механических, электрических и электронных устройств, исправная работа которых определяется посредством разнообразных испытаний. Испытания магнитофона проводятся в различных условиях и с различными целями. Когда магнитофон еще только разрабатывается, конструктор подвергает его макет, а затем опытный образец самым подробным и разнообразным испытаниям, стараясь выявить возможности аппарата и его сильные и слабые стороны. После того как магнитофон разработан, его опять-таки с целью испытаний направляют на опытную эксплуатацию, при которой определяют удобство обращения с аппаратом и надежность его работы в тех условиях, в которых невозможно было испытать магнитофон конструктору.

После устранения замеченных при опытной эксплуатации недостатков магнитофон подготавливается к заводскому производству. Составляется программа заводских испытаний, разделяемых обычно на более подробные (типовые и выборочные) и менее подробные (приемно-сдаточные). Типовым испытаниям подвергаются первые заводские образцы магнитофона. В дальнейшем их проводят только в том случае, если в конструкцию магнитофона или технологию его изготовления внесены какие-либо значительные изменения. Выборочным испытаниям подвергается ограниченное число магнитофонов, например один из ста или тысячи или один из каждой партии, а приемно-сдаточным испытаниям — все магнитофоны.

Составляя программу заводских испытаний, конструктор включает в нее испытания по тем параметрам магнитофона, которые зависят от настройки его регулировочных органов, и по тем, которые зависят от возможных отклонений от рабочих чертежей и требований технологии, если эти отклонения нельзя просто обнаружить путем сравнения изделия с чертежами.

По понятным причинам заводские испытания не могут быть такими подробными, как испытания в процессе разработки магнитофона, да в этом и нет необходимости. Учитывая характер производства (индивидуальное, мелкосерийное, серийное), конструктор должен назначать заводские испытания в минимально необходимом объеме. Характерная особенность заводских испытаний заключается в большом числе проверок отдельных блоков и узлов, входящих в состав магнитофона, а также в пооперационном контроле в процессе производства. Эти меры позволяют, с одной стороны, делать магнитофоны

более однородными по своим характеристикам, с другой — предупреждают своевременно о появлении брака, не допуская того, чтобы он выявился позже — при окончательной сборке и испытании магнитофона. После изготовления и передачи на эксплуатацию начинается самый длительный этап существования магнитофона. Периодические испытания, сочетающиеся с профилактическим осмотром, чисткой и ремонтом, являются важными техническими мероприятиями, обеспечивающими длительную и бесперебойную эксплуатацию магнитофона. Эксплуатационные испытания самые простые из перечисленных. Обычно они заключаются в проверке нормального функционирования магнитофона и в определении наиболее важных параметров аппарата в целом. Небольшие отклонения от норм, если они обнаруживаются, устраняются настройкой с помощью регулировочных органов.

Если настройка не удается, магнитофон подвергают ремонту, заключительной стадией которого опять-таки являются испытания. Они проводятся по обычной программе эксплуатационных испытаний, к которой иногда добавляют более подробные испытания отремонтированного узла.

Таковы вкратце случаи, когда магнитофон подвергают испытаниям. В последующих главах излагается методика этих испытаний, относящаяся как к отдельным блокам, так и к магнитофону в целом. Рассматриваются лишь те магнитофоны, в которых применяется в качестве носителя магнитная лента шириной 6,25 *мм*, т. е. магнитофоны, качественные показатели которых нормированы ГОСТ 8088-62 «Магнитофоны Основные параметры». Однако многое из методики остается справедливым и может быть использовано для магнитофонов с другими носителями записи и даже для аппаратов магнитной записи незвуковых процессов.

Обычно испытания сопровождаются теми или иными регулировками; после каждой из регулировок повторяются испытания по тем показателям, которые могли при этом измениться. Весьма важно выбрать такую последовательность испытаний, при которой количество повторных проверок будет минимально. Например, нецелесообразно сначала измерять скорость движения ленты, а затем ее натяжение, так как при регулировке натяжения скорость может измениться и тогда потребуется ее повторное измерение. Поэтому следует придерживаться не только самой методики, но примерно и той последовательности проверок, которая излагается далее.

Следует также учесть, что данная методика относится лишь к основным испытаниям, необходимым для большинства магнитофонов. В зависимости от особенностей конструкции конкретного магнитофона могут потребоваться еще какие-либо дополнительные испытания. Так, например, если в лентопротяжном механизме предусмотрена автоматическая регулировка натяжения ленты, действующая от изменения веса катушки с лентой, то при подробном испытании должно быть проверено натяжение ленты при всех размерах катушек, которые могут быть установлены на данном магнитофоне. Если в магнитофоне имеется авторегулировка усиления в канале записи или предусмотрено получение искусственной реверберации или записи «с наложением», то все эти функции аппарата также требуют соответствующих проверок.

С другой стороны, не следует понимать описываемые ниже испытания как обязательные всегда и для всех магнитофонов. Как уже упоминалось, испытания могут быть более и менее подробными в зависимости от их цели и условий проведения, и поэтому требуется творческий подход в определении минимального количества проверок, необходимых в каждом конкретном случае.

Содержание книги рассчитано на читателей, знакомых с работой и устройством магнитофонов, а также с рядом Государственных стандартов, относящихся к данному виду аппаратуры.

В книге использована терминология, применяемая в организациях Министерства радиотехнической промышленности и Госкомитета Совета Министров СССР по радиовещанию и телевидению.

В необходимых местах даны ссылки на литературу, из которой читатель может получить дополнительную информацию.

---

* «Терминология в области записи и воспроизведения информации, в частности магнитной записи», Труды ВНИИРТ, 2 (12), Москва, 1964.

ИСПЫТАНИЯ ЛЕНТОПРОТЯЖНОГО МЕХАНИЗМА

1. ПРОВЕРКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА

Испытания лентопротяжного механизма начинаются с того, что механизм подключают к источнику электропитання с минимальным напряжением, при котором он должен нормально работать, и проверяют его функционирование. Механизм заряжают полным рулоном ленты, на который он рассчитан, намотанной на катушку или сердечник. Надо обращать внимание на то, чтобы эксцентрицитет сердечника или втулкн катушкн не превышал норм, установленных ГОСТ 7704-61 «Катушки для намотки магнитных лент» и ГОСТ 7705-61 «Сердечники для намотки магнитных лент», щеки катушки не били, края прорезн для крепления ленты не имели заусениц, центровое отверстие катушки не было разболтано.

Для испытаний должна применяться магнитная лента типа, предназначенного для данного магнитофона. Лента не должна быть растянута или односторонне вытянута, число склеек в рулоне допустимо не более двух-трех. Так как в начале испытания механизма вполне вероятна та или иная его неисправность, могущая испортить ленту, рекомендуется проверку фуикционирования проводить первоначально на каком-либо старом рулоне ленты и лишь после этого зарядить механизм исправной лентой, специально отобранной для испытаний. Надо учитывать, что со временем, после испытаний 150—200 даже вполне исправных механизмов, лента все же претерпевает некоторую механическую деформацию и ее следует заменить новой, чтобы не впасть при дальнейших испытаниях в ошибку н не принять за неисправность механизма то, что может получиться в результате дефектов ленты.

Проверка функционирования начинается с многократного включения и выключения рабочего хода ленты. Прн минимальном количестве ленты на приемном узле проверяют отсутствие петлеобразования при пуске. Если магнитофон многоскоростной, то испытание проводят поочередно на всех скоростях. Затем производят ускоренную перемотку ленты в обоих направлениях. Во время перемотки, определив на глаз момент наибольшей скорости ленты, выключают механизм и наблюдают за тем, как работают тормоза: нормально лента должна останавливаться плавно, ио быстро. Следует проверить возможность ускоренной перемотки ленты при разных ее начальных количествах на приемном и подающем узлах — особенно при минимальном количестве ленты на том узле, с которого лента сматывается. В трехмоторных механизмах, где подтормаживание ленты зависит от напряжения электропитания, последнее испытание надо проводить и при максимальном напряжении электропитания.

2. ИЗМЕРЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ

Натяжение ленты измеряют при ее рабочем движеиии и при ускорениых перемотках. Необходимость измерения иатяжения ленты на каждой из рабочих скоростей определяется в зависимости от конструкции механизма, если есть основание предполагать, что натяжение при разных скоростях неодинаково. Натяжение измеряют при максимальном и минимальном напряжеиии электропитания и при различных соотношениях между количествами лент на подающем

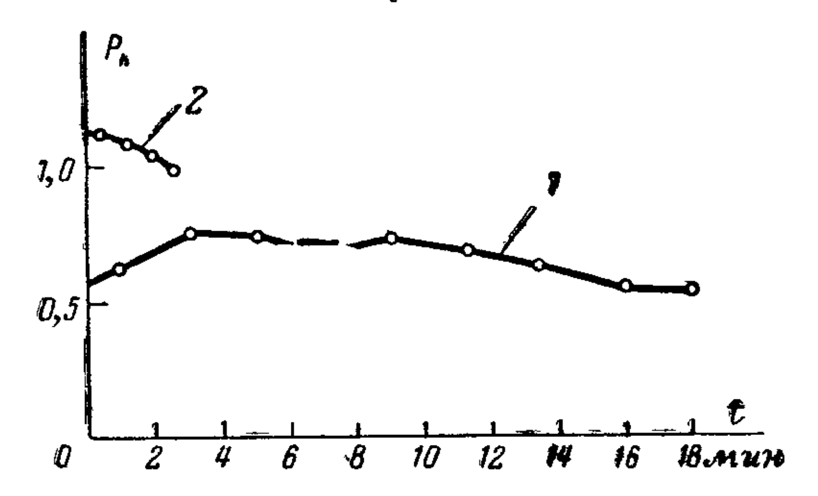


Рис. 1. График изменения натяжения ленты во время рабочего хода (*1*) и при ускоренной перемотке в сторону подающего узла (*2*)

и приемном узлах. Наиболее удобно проводить измерения натяжения ленты через равные промежутки времени, начав с момента включения рабочего или ускоренного движения ленты. Так как отсчет показаний прнбора, измернющего натяжение, занимает около 10 *сек*, то во времи ускоренной перемотки обычно не удается провести более 5—8 замеров. Результаты нзмерений для большей наглядности изображают в виде графиков (рис. 1).

В каких местах лентопротяжного тракта следует измерять натяжение ленты? Во-первых, справа и слева от ведущего вала, как можно ближе к нему. Величины этих натяжений позволяют судить о нагрузке на ведущий вал и о деформации фонограммы после записи; в идеальном случае они должны быть постоянны и равны между собой. Во-вторых, натяжение следует измерять около магнитных головок записи н воспроизведения, так как оно определяет механический контакт головок с лентой, от которого зависнт качество записи и воспронзведения. Еслн магнитные головки расположены вблизи ведущего вала, то второе измерение необязательно, так как натяжение ленты у головок будет приблизительно такое же, как и у ведущего вала.

Для измереиия натяжения применяют динамометры различной конструкции. Два из них показаны на рис. 2. Динамометры предварительно градунруют, заряжая в них ленту так же, как и при измерениях, и натягивая ее с помощью набора гирь. Размеры динамометра должны быть как можно меньшими, так как при существующей тен-

денции к миниатюризации аппаратуры участки тракта, на которых измеряют натяжение ленты, в механизме очень малы.

Введение измерителя натяжения в тракт не должно значительно изменять натяжение ленты, в противном случае измерения будут неверными. Поэтому трение ленты о детали динамометра должно быть как можно меньшим. Следует избегать применения в динамометре не вращающихся деталей, с которыми соприкасается лента. Очень внимательно надо отнестись и к установке динамометра во

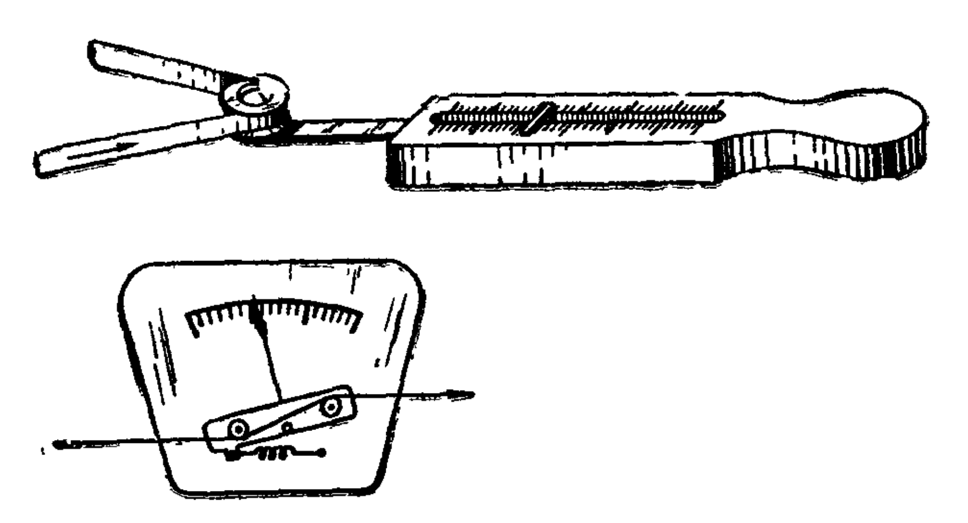


Рис. 2. Динамометры для измерения натяжения ленты

время измерений. Во-первых, динамометр мало располагать в плоскости, параллельной плате лентопротяжного механизма, так как перекос приводит обычно к искривлению хода ленты и к возникновению добавочного трения ее края о направляющие детали, что изменяет величину натяжения. Во-вторых, при установке динамометра не должны намного изменяться углы огибания лентой неподвижных деталей в механизме, так как это также изменяет натяжение.

Конкретное место установки динамометра при измерениях должно определяться в зависимости от конструкции механизма с учетом приведенных соображений. Иногда на время измерений приходится изменять тракт движения ленты в механизме с помощью специального приспособления.

Разберем в качестве примера измерение натяжения в лентопротяжном механизме с тремя электродвигателями (рис. 3). Вследствие близкого расположения магнитных головок *1*, *2*, *3* от ведущего вала *4* измерения достаточно проводить только в точках *а* и *б* (слева и справа от ведущего вала). Измерение в точке *а* обычно удается провести так, чтобы при этом угол огибания лентой крайней правой головки изменился незначительно. Труднее измерение справа, где расположена неподвижная направляющая стойка *5*. При установке динамометра на участке тракта *4—5* угол огибания стойки *5* лентой уменьшится, что изменит натяжение ленты в точке *б*. В данном случае целесообразно на время измерений ввести в тракт легковращающийся ролик *6*, при котором измерение натяжения в точке *б* не будет сопряжено с изменением трения о стойку *5*. Разумеется, ролик *6* крепят не на плате механизма, а на съемной площадке.

Измерив натяжение ленты около магнитных головок, можно определить давление ленты на головки (для некоторых аппаратов эта

величина нормируется и поэтому подлежит измерению). Для этого с помощью набора шаблонов надо измерить радиус закругления рабочей поверхности головки ρ, тогда давление

$$p = \frac{P}{\rho b}, \qquad (1)$$

где P — натяжение ленты;

b — ширина зоны соприкосновения ленты с головкой (обычно ширина сердечника головки).

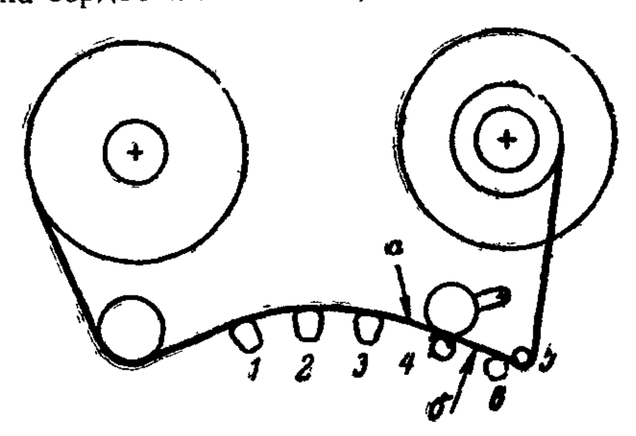


Рис. 3. К измерению натяжения ленты

Из-за трения ленты о рабочую поверхность головок ее давление на головки записи, воспроизведения и стирания неодинаково. Если натяжение ленты измерять, как в рассмотренном выше примере, около головки воспроизведения *3* (рис. 3), то расчет по формуле (1) позволяет узнать давление только на эту головку. На следующую за ней головку записи *2* давление будет на 10—15% меньше, а на головку стирания *1* еще на 10—15% меньше. При этом предполагается, что между головками нет неподвижных деталей, которые огибает лента, и что все головки имеют одинаковое ρ.

До настоящего времени мало разработана методика измерения натяжения (толчка) ленты при пуске и при торможении, хотя его сила очень важна с точки зрения надежности работы магнитофона. Приблизительно толчок оценивается также с помощью динамометра, хотя баллистические свойства его подвижной системы могут внести значительную погрешность в измерения. Толчки измеряются точнее, если градуировать динамометр при ударных нагрузках. Для этого под гирю, натягивающую ленту при градуировке, подкладывают сначала площадку, которую затем быстро опускают вниз — при этом возникает толчок, равный весу гири при условии, что свободное падение гири мало.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ МАГНИТНОЙ ЛЕНТЫ

По ряду причин, во время движения магнитной ленты в лентопротяженном механизме, расстояние от ее оси симметрии до плоскости платы не остается постоянным, а периодически и непериодически изменяется. Из-за таких поперечных перемещений ленты во время ее

рабочего хода дорожки воспроизведения и дорожки записи не всегда совпадают между собой, из-за чего возникает паразитная амплитудная модуляция полезного сигнала. Особенно это наблюдается при узких дорожках записи (например, у четырехдорожечной фонограммы, где ширина дорожки записи равна 1 *мм*) и при универсальных магнитных головках, при которых дорожку воспроизведения нельзя сделать у́же дорожки записи, чтобы ослабить влияние перемещения ленты вверх и вниз. Если поперечные перемещения значительны, то лента искривляется, упираясь то одним, то другим своим краем в направляющие При этом возникает перекос ленты, что также увеличивает паразитную амплитудную модуляцию сигнала, особенно на высоких частотах.

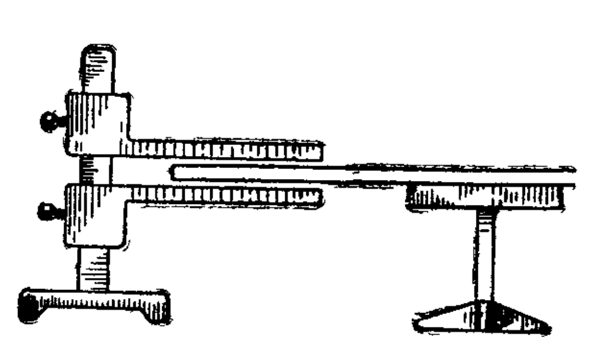


Рис. 4. Приспособление для определения ребристости рулона ленты

При ускоренных перемотках ленты из-за ее поперечных перемещений возникает ребристость намотки рулона: лента начинает задевать за щеки катушки, за диск под сердечником; край ленты портится. Повреждения выступающих краев ленты возможны и при последующем хранении фонограммы.

Все перечисленное заставляет с большим вниманием отнестись к определению во время испытаний размаха перемещений ленты вверх и вниз. Наблюдать за такими перемещениями целесообразно последовательно в нескольких местах тракта движения ленты, в том числе обязательно около магнитных головок. Для количественного определения перемещений сзади ленты устанавливают полоску миллиметровой бумаги, по которой через увеличительное стекло при некотором навыке можно измерять перемещения с точностью до ±0,1 *мм*. Более точные измерения можно проводить при помощи микроскопа, приспособленного для горизонтальной установки на лентопротяжном механизме.

О поперечных перемещениях ленты во время перемотки можно судить, измеряя ребристость рулона ленты, намотанной на сердечник. Для этого необходимо иметь измерительное приспособление, содержащее две параллельно перемещаемые линейки (рис. 4). Рулон с лентой укрепляют внутри этого приспособления и подводят к нему сначала одну (сверху), потом другую (снизу) линейку. Наблюдая просвет между линейкой и краями рулона, фиксируют линейку в том положении, когда она коснется наиболее выступающего витка ленты. Расстояние между линейками за вычетом номинальной ширины ленты определяет ребристость рулона.

Надо иметь в виду, что поперечные перемещения ленты могут возникать не только по причинам, зависящим от лентопротяжного механизма, но и из-за различных дефектов самой ленты. Поэтому для данного испытания надо очень тщательно отобрать ленту, которая не имеет «сабельности», не растянута, не покороблена и не содержит склеек. Хорошо иметь для контроля заведомо исправный лентопротяжный механизм, на котором можно периодически проверять отобранную для испытания ленту, наблюдая за ее движением во время рабочего хода и ребристостью рулона при перемотке.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПУСКА, ОСТАНОВКИ И ПЕРЕМОТКИ ЛЕНТЫ

Эти измерения проводят обычно с помощью механического секундомера. Для измерения времени пуска на лентопротяжный механизм устанавливают фонограмму с записью хорошо слышимого тона в диапазоне частот 400—2 000 *гц*. Одновременно, включив механизм и секундомер, выключают последний в тот момент, когда на слух установится постоянный тон воспроизводимого сигнала. Для того чтобы облегчить определение этого момента, можно параллельно громкоговорителю (или головным телефонам) включить на выход канала воспроизведения осциллоскоп и по нему дополнительно контролировать окончание пускового периода, когда на экране установится неподвижное изображение. Если время пуска необходимо определять с ошибкой, не большей чем ±0,25 *сек*, механический секундомер заменяют электрическим, который включают одновременно с лентопротяжным механизмом. Воспроизводимый с магнитофильма сигнал подается на резонансное устройство, настроенное на частоту сигнала, и с выхода его на выпрямитель с постоянной времени фильтра 10—20 *мсек*.

Выпрямленное напряжение питает реле, выключающее электрический секундомер. Для такого измерения частоту сигнала надо выбирать большей, чем при измерениях с механическим секундомером, например, 3—5 *кгц*. Ширина полосы пропускания резонансного устройства должна находиться в пределах 300—500 *гц*.

Время остановки измеряют аналогичными способами. Критерием оценки момента полной остановки служит или результат визуального наблюдения за движением ленты (при пользовании механическим секундомером), или ослабление выходного сигнала на 30—40 *дб* относительно первоначального значения при электрическом секундомере.

Время ускоренной перемотки ленты определяют механическим секундомером.

Все измерения проводят на каждой из рабочих скоростей ленты при пониженном напряжении электропитания механизма.

5. ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ЛЕНТЫ

Общие соображения. Среднюю скорость ленты в магнитофонах измеряют обычно за 100 *сек* во время рабочего хода, т. е. при записи или воспроизведении. При измерениях следует иметь в виду, что благодаря гибкости ленты в продольном направлении ее средняя скорость зависит от толщины и материала основы и от натяжения ленты. Поэтому надо применять только ту ленту, на которую рассчитан данный магнитофон. Если натяжение ленты неодинаково в разных местах тракта, по которому она движется в лентопротяжном механизме, то различна будет и ее средняя скорость в этих местах. Так как для записи и воспроизведения большое значение имеет скорость ленты

около магнитных головок записи и воспроизведения, то измерять среднюю скорость надо или непосредственно в этом месте, или там, где натяжение ленты почти такое же, как около головок.

Как и при всяких измерениях, измерительный прибор не должен изменять определяемую величину, что в данном случае сводится к требованию минимального изменения им натяжения ленты.

Среднюю скорость измеряют в режимах работы механизма, соответствующих крайним сочетаниям неблагоприятных обстоятельств, приводящих к отклонению скорости от ее номинального значения. Эти обстоятельства различны для разных механизмов, и поэтому условия измерения средней скорости должны определяться конструктором для каждого типа механизмов в отдельности. Например, в магнитофоне широкого применения с одним электродвигателем максимальной скорости можно ожидать при наибольшем напряжении электропитания и при минимальном количестве ленты на приемной катушке, а минимальной скорости — при наименьшем напряжении электропитания и наибольшем количестве ленты на той же катушке.

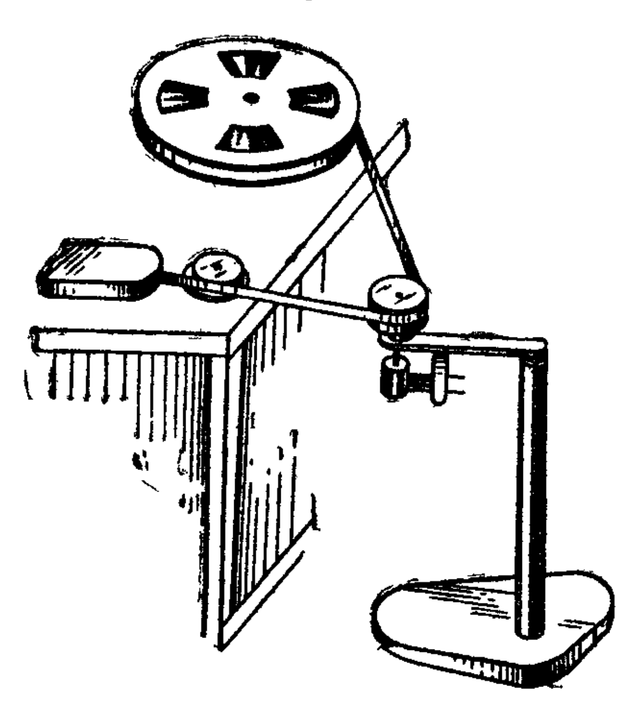


Рис. 5. Определение средней скорости ленты при помощи измерительного ролика

Чтобы исключить случайные ошибки, измерения следует проводить по несколько раз в каждом режиме и затем вычислять среднеарифметическое значение. Среднюю скорость измеряют одним из следующих методов: измерительного ролика, отрезка ленты, девиации частоты, сдвига фаз, визуализации фонограммы и стробоскопическим. Наибольшее распространение получили методы измерительного ролика и отрезка ленты, из которых первый дает наибольшую точность (до $\pm 0{,}1\%$). Однако в зависимости от конструкции механизма, предъявляемых к нему требований и условий измерений могут применяться и другие из перечисленных методов; все они описывают ся ниже

Метод измерительного ролика. Если движущаяся в магнитофоне магнитная лента будет огибать на своем пути и вращать измерительный ролик, диаметр которого D точно известен, то средняя скорость ленты может быть подсчитана по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{t}, \qquad (2)$$

где t — время, за которое ролик совершает n полных оборотов.

Измерительный ролик монтируют на кронштейне, который ставят рядом с лентопротяжным механизмом (рис. 5). Ролик должен

легко вращаться, а лента не должна по нему проскальзывать. Для этого угол огибания ролика лентой выбирают не менее 90° и ролик устанавливают на хороших шариковых подшипниках. Как следует из формулы (2), возможны два варианта данного метода измерения скорости: 1) путем измерения времени t_N, за которое ролик совершает определенное число оборотов N, и 2) путем измерения числа оборотов n за определенное время t. В соответствии с установленным понятием средней скорости t берут равным 100 *сек*, а N и диа-

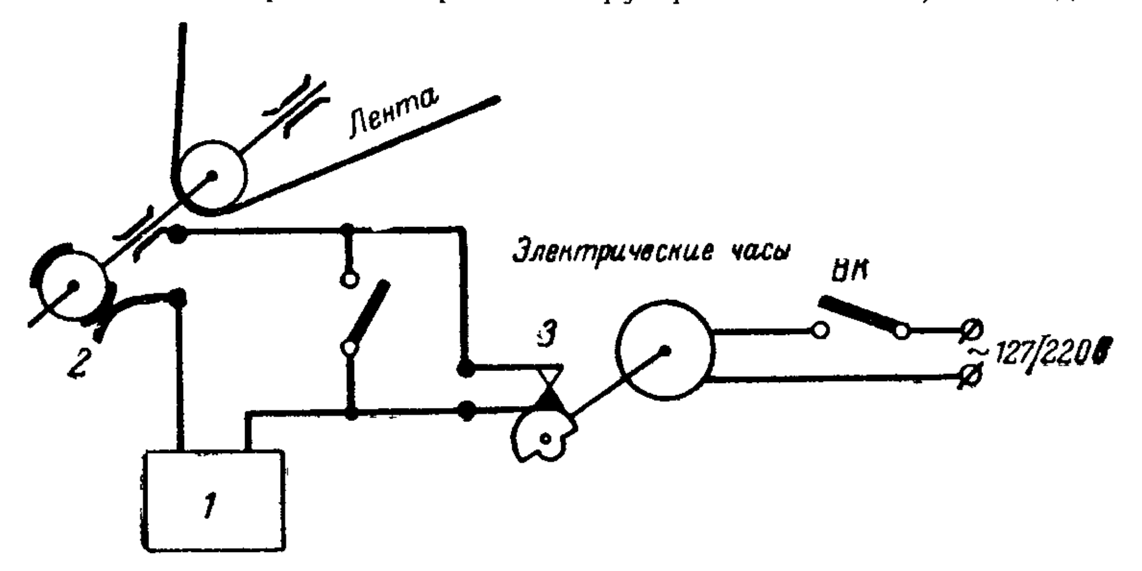


Рис. 6 Схема прибора ИСЛ-1 для определения средней скорости ленты

метр ролика D выбираются так, чтобы при номинальном значении определяемой скорости t_N получалось равным или близким к 100 *сек*.

Точность измерений скорости при обоих вариантах определяется точностью измерения t_N или n. Если задаться точностью $\pm 0{,}1\%$, то при номинальном значении $t_N = 100$ *сек* необходимо измерять время с точностью $\pm 0{,}1$ *сек*. Во втором варианте n для той же точности измерения скорости и для того же числа оборотов измерительного ролика при номинальном значении средней скорости необходимо иметь возможность определять n с точностью до $n/1\,000$ оборота, что требует несколько более сложного устройства измерительного ролика, чем при первом варианте измерений. Так, например, в приборе ИСЛ-1, разработанном ВНИИРТ, используется второй вариант метода измерительного ролика: ролик надет на общую ось с электрическим прерывателем, могущим за один оборот ролика давать 1, 2, 4 или 8 замыканий, что позволяет измерять число оборотов с точностью до $^1/_8$ оборота. Измерение числа замыканий за 1 оборот осуществляется путем изменения количества изоляционных прокладок на окружности барабана прерывателя.

Диаметр измерительного ролика выбран в приборе ИСЛ-1 равным 31, 84 *мм*, что соответствует длине его окружности 100 *мм*. На рис. 6 приведена схема соединения отдельных частей прибора ИСЛ-1 между собой. Счетчик *1* (типа счетчика числа телефонных переговоров) считает число замыканий n прерывателя *2* за то время, когда

прерыватель на валу электрических часов держит контакт *3* замкнутым. Это время равно 100 *сек*. Средняя скорость ленты определяется по формуле

$$v = \frac{n}{M}, \quad (3)$$

где M — число замыканий прерывателя *2* за один оборот измерительного ролика, которое выбирается в зависимости от номинального значения измеряемой скорости. Прн $v=762$ *мм/сек* $M=1$; $v=381$ *мм/сек*, $M=2$; $v=190{,}5$ *мм/сек*, $M=4$; $v=95{,}3$ *мм/сек*, $M=8$. Это позволяет прн всех скоростях измерять ее с одной и той же

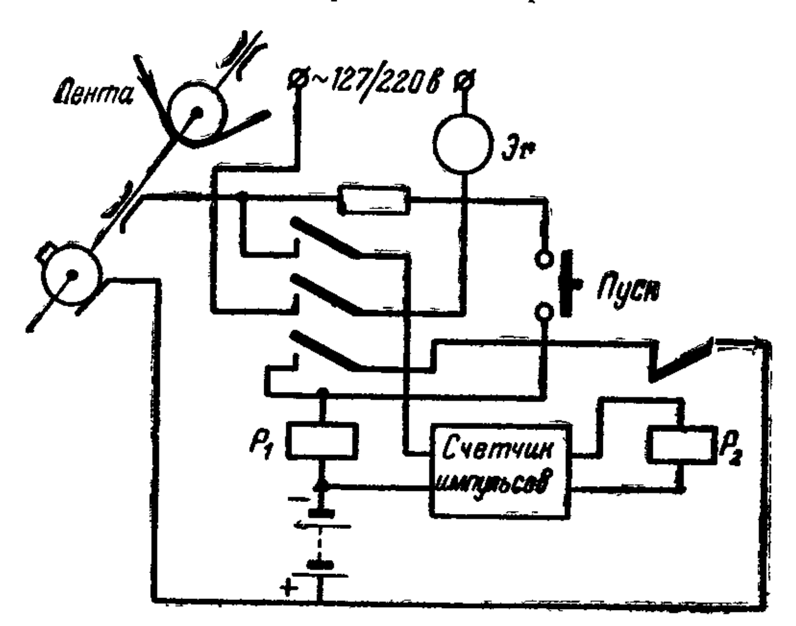


Рис. 7. Схема прибора для определения средней скорости ленты

точностью $\pm 0{,}13\%$, так как номинальное значение n всегда равно 762.

В приборах, в которых используется первый вариант метода измерительного ролика, электрические часы включаются на время N оборотов ролика. Для этого можно применить схему, приведенную на рис. 7. После кратковременного нажатия кнопки «пуск» электрические часы начинают отсчет времени с момента первого замыкания прерывателя, так как при этом цепь часов замкнется через реле P_1. Далее это реле заблокирует себя и отсчет времени продолжается до тех пор, пока с выхода счетчика импульсов (числа замыканий) не поступит в обмотку реле P_2 импульс, разблокирующий реле P_1. Счетчик числа замыканий может быть или электромеханический, или электронный, состоящий из последовательно включенных триггеров, или декатронный. В последнем случае необходимо число N выбирать кратным 10, а требуемое время измерений $t_N = 100$ *сек* устанавливать, подбирая диаметр измерительного ролика.

В качестве электрических часов в описанных приборах могут использоваться устройства с синхронным двигателем, питаемым от сети переменного тока, или декатронные счетчики, к которым сеть подключается на время измерений. При этом, конечно, результат измерений будет определять не абсолютное, а относительное значение средней скорости. Иногда это бывает удобно, например для тех магнитофонов, у которых скорость зависит от частоты питающей электросети, а допустимые отклонения скорости нормируются для номинального значения этой частоты. Так как и показания электрических часов, и скорость ленты одинаково зависят в данном случае от частоты сети, то измерения всегда покажут то значение средней скорости, которое было бы при номинальной частоте сетн.

Например, если результат измерения скоростн равен 760 *мм/сек*, а частота сети при этом была равна 49 *гц*, то абсолютное значение скорости на 2% меньше измеренного из-за ошибочного отсчета времени электрическими часами. Однако тот же лентопротяжный механизм при частоте сети 50 *гц* будет иметь абсолютную среднюю скорость ленты, равную измеренной, т. е. 760 *мм/сек*.

С этими особенностями приходится считаться при измерениях лентопротяжных механизмов, у которых скорость ленты не зависит непосредственно от частоты сети, например у механизмов магнитофонов с автономным питанием. Для того чтобы в этом случае в результат измерений не вносилась ошнбка из-за отклонения частоты сети от номинального значения, электрические часы надо питать от источника стабильной частоты, например от кварцевого генератора. Можно также пользоваться механическим секундомером, замыкая цепь счетчика вручную на время 100 *сек* (при схеме, показанной на рис. 6) или измеряя время от момента фиксации счетчиком первого замыкания до момента фиксации счетчнком N-го замыкания прерывателя (при схеме, показанной на рис. 7).

Метод отрезка ленты. Если каким-либо способом обозначить на ленте начало и конец ее отрезка длиной l и измерить время t прохождения этого отрезка во время рабочего хода ленты в магнитофоне, то среднюю скорость нетрудно определить как

$$v = \frac{l}{t}. \quad (4)$$

Для получения при всех номинальных значениях скорости одного и того же стандартного времени измерения $t=100$ *сек* длина отрезка выбирается равной 76,2 *м* для $v=762$ *мм/сек*, 38,1 *м* для $v=38{,}1$ *мм/сек* и т. д.

При таких отрезках ленты отклонение фактически измеренного времени ее двнжения в магнитофоне от номинальной величины 100 *сек* будет непосредственно определять в процентах отклонение средней скорости от номинального. Например, $t=102$ *сек* соответствует отклоненню —2%, $t=99$ *сек* — отклонению +1% и т. д. Для вычисления же скорости следует воспользоваться формулой (4).

Если для отсчета времени применять электрические часы, то, как и при первом методе, результатом измерения будет относительное значение скорости. У лентопротяжных механизмов, рассчитанных на питание от сети переменного тока, оно равно абсолютному значению скорости при номинальной частоте сети. Для испытания лентопротяжных механизмов с автономными источниками питания или вообще без электропитания (например, пружинных) вместо электрических часов надо применять механический секундомер.

Как электрические часы, так и механический секундомер включают и выключают во время измерений вручную в момент прохождения метки на ленте около какой-либо заранее выбранной точки тракта.

Метки можно наносить на ленту краской или путем вклеивания коротких (1—2 *см*) отрезков какой-либо фонограммы, которые потом прослушиваются через канал воспроизведения как звуковые сигналы Расстояние между метками должно быть определено линейкой как можно тщательнее. Однако эластичность ленты не позволяет это сделать достаточно точно, поэтому точность измерения средней скорости при данном методе не превышает $\pm 1\%$. Преимущество метода заключается в его простоте и возможности применения в тех случаях, когда, например, установка измерительного ролика в тракте движения ленты невозможна.

Метод девиации частоты. Если в распоряжении экспериментатора имеется калиброванный магнитофон, у которого средняя скорость ленты $v_з$ определена достаточно точно, например, методом измерительного ролика, и имеется генератор звуковых колебаний, частота которых $f_з$ также хорошо известна или измерена, то, записав эти колебания на калиброванном магнитофоне, получают контрольную фонограмму, с помощью которой можно в последующем измерять скорость ленты других магнитофонов.

При измерениях на выход канала воспроизведения включают частотомер любого типа и определяют частоту $f_в$ воспроизводимых колебаний. Тогда искомую среднюю скорость находят из выражения

$$v_в = v_з \frac{f_в}{f_з}. \qquad (5)$$

Так же как и предыдущий, этот метод не позволяет получить точности измерений, лучшей чем $\pm 1\%$, так как этому мешает эластичность ленты и то, что суммируются ошибки измерения $v_з$, $f_з$ и $f_в$ Кроме того, здесь невозможно произвести требуемое усреднение скорости за 100 *сек*, так как частоту отсчитывают на глаз, а не каким-либо интегрирующим устройством. Поэтому данный метод чаще применяют не для определения средней скорости ленты, а для определения изменения этой скорости Δv от начала к концу рулона ленты или под влиянием других причин. Такое изменение называют скольжением $S = \Delta v / v$ Для измерения скольжения в качестве контрольной фонограммы можно применять ту же измерительную ленту, что и для измерения коэффициента детонации, т. е. ленту типа ЛИР (старое название РТ), часть Д *. Эта часть содержит запись колебания 3 150 *гц* ($\pm 10\%$) Воспроизводя запись на испытуемом лентопротяжном механизме, измеряют любым способом частоту колебаний на выходе канала воспроизведения в крайних режимах работы механизма, например при наибольшем и наименьшем количествах ленты на подающем узле, при максимальном и минимальном напряжении электропитания Величина скольжения будет равна.

$$S = \frac{f_{макс} - f_{мин}}{f_{мин}} 100\%. \qquad (6)$$

Если имеется измеритель детонации 7Э-13 из комплекта КВУ-13 (см далее раздел 6), то по нему можно непосредственно определять

* См стр. 23.

скольжение в процентах, не прибегая к частотомеру. Так как длина измерительной ленты невелика, то при измерении скольжения у механизмов, рассчитанных на большой рулон ленты, отрезки измерительной ленты по 20—30 *м* каждый следует вклеивать в разных местах рулона или хотя бы в начале и конце его.

Метод сдвига фаз. Если записывать и одновременно воспроизводить колебания с частотой f магнитофоном со скоростью движения ленты v, то сдвиг фаз между током в обмотке записывающей головки и э. д. с в обмотке воспроизводящей головки равен.

$$\varphi = 2\pi f \frac{l}{v} - 2\pi n + \frac{\pi}{4},$$

Рис 8. Блок-схема измерения средней скорости ленты методом сдвига фаз

где l — расстояние между рабочими зазорами обеих магнитных головок, а n — количество полных волн записи, укладывающихся на этом расстоянии вдоль ленты. Отсюда скорость ленты определяют по формуле

$$v = \frac{2\pi f l}{\varphi + 2\pi n + \frac{\pi}{4}}. \qquad (7)$$

Расстояние l должно измеряться по направлению движения ленты в механизме, для этого, приложив ленту к головкам, отмечают на ней острым карандашом точки, расположенные против рабочих зазоров, и затем, сняв ленту, измеряют расстояние между точками по линейке

Угол φ измеряют в сквозном канале магнитофона с помощью фазометра или по фигуре Лиссажу * на экране осциллоскопа. Так как э д с воспроизводящей головки мала, ее предварительно усиливают усилителем, который сам не создает сдвига фаз (обычный усилитель воспроизведения магнитофона для этого не годится). Для получения напряжения, пропорционального току записи, в цепь тока включают резистор сопротивлением 100 *ом* Схема измерения сдвига фаз при помощи осциллоскопа показана на рис. 8 По отношению отрезков A и B, измеряемых на экране электронно-лучевой трубки, определяют $\sin \varphi = A/B$ и затем угол φ. Измерения проводят на

* С Ф Корндорф и др, Радиоизмерения, раздел 5—7 Госэнергоиздат,. 1953.

очень низкой частоте (обычно не выше 100 *гц*), когда колебания скорости ленты еще не мешают измерению сдвига фаз. Зная l, f и приблизительно ожидаемое значение v, определяют длину волны записи $\lambda = v/f$ и количество волн n, укладывающихся на отрезке ленты l. Далее вычисляют скорость по формуле (7). Точность этого метода не превосходит $\pm 1\%$ и ограничивается главным образом точностью измерения расстояния l. Усреднение скорости здесь производится не за 100 *сек*, а за время усреднения показаний, свойственное примененному фазометру.

Метод визуализации записи. При записи колебаний с известной частотой f образуется фонограмма, у которой длина волны записи $\lambda = v/f$. Отсюда следует возможность определения скорости движения ленты путем измерения величины λ. Для этого запись визуализируют, погружая отрезок фонограммы в суспензию, составленную из 1 *г* порошка карбонильного железа с размером частиц около 3 *мк* и 100 *г* бензина. После высыхания на фонограмме становятся хорошо видны поперечные серые полоски, образованные частицами карбонильного железа, притянувшимися к тем местам фонограммы, где поверхностная индукция максимальна. Расстояние между смежными полосками, равное $\lambda/2$, измеряют координарным микроскопом. Следует иметь в виду, что синусоидальная фонограмма визуализируется очень нечетко, поэтому записывать фонограмму нужно как можно большим током, так чтобы лента насыщалась и образовывалась фонограмма прямоугольных импульсов.

Частоту f выбирают низкой, так как при этом точность измерений возрастает, но все же из-за нечеткой визуализации записи точность этого метода не превышает $\pm 1\%$. Для усреднения скорости необходимо измерить большое число расстояний между смежными полосками визуализированной записи и вычислить среднеарифметическое значение. Из-за трудоемкости это усреднение не может быть практически произведено не только за 100 *сек*, но и за несколько секунд записи, что является недостатком метода. Преимущество метода состоит в том, что при нем не требуется никакой измерительной аппаратуры, кроме микроскопа.

Стробоскопический метод. При использовании данного метода на пути движения ленты устанавливают стробоскопический ролик подобно тому, как устанавливался измерительный ролик, описанный ранее. Этот ролик также должен легко вращаться лентой без проскальзывания. Скорость его вращения определяют стробоскопически, для чего на ролик тем или иным способом наносят равномерно распределенные деления или высверливают отверстия, равноотстоящие друг от друга (рис. 9). Ролик освещают неоновой лампой, питаемой от генератора звуковой частоты. Частоту f генератора подбирают так, чтобы стробоскопические метки на ролике казались наблюдателю неподвижными, а расстояния между соседними делениями или отверстиями соответствовали их фактическому размеру. Тогда число оборотов стробоскопического ролика определится как $m = 2f/n$, где n — количество делений или отверстий в стробоскопическом кольце.

Зная число оборотов и диаметр D ведомой части стробоскопического ролика, нетрудно затем вычислить скорость ленты:

$$v = \pi D m = 2\pi D\, f/n. \qquad (8)$$

Точность данного метода зависит от того, насколько точно известна частота звукового генератора и насколько верно определен момент

возникновения стробоскопического эффекта. Чтобы повысить точность измерений, частоту генератора следует отсчитывать не по его шкале, а определять частотомером непосредственно в момент возникновения стробоскопического эффекта.

Для повышения яркости освещения и лучшего распознавания стробоскопического эффекта вместо неоновой лампы иногда используют специальный импульсный источник света с регулируемой частотой вспышек *.

Как ясно из описания стробоскопического метода, он не позволяет усреднять значение скорости ленты за нормированное время 100 *сек*. Фактическое время усреднения очень невелико и определяется инерционностью зрения и субъективными факторами, что должно быть отнесено к недостаткам метода.

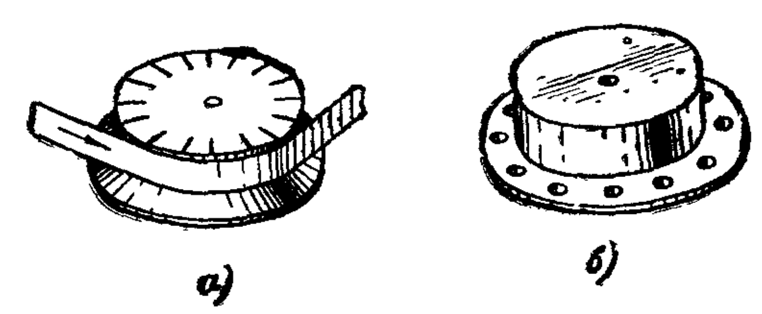


Рис. 9 Стробоскопический ролик

а — с полосами, *б* — с отверстиями

Неудобство этого метода состоит также в небходимости введения в тракт ленты стробоскопического ролика. Этого можно, правда, избежать, заменив ролик стробоскопической магнитной лентой, представляющей собой обычную магнитную ленту того типа, на который рассчитан данный лентопротяжный механизм, с нанесенными белой краской на рабочую поверхность равноотстоящими друг от друга полосками или с пробитыми перфоратором отверстиями.

При испытаниях лентопротяжных механизмов, у которых скорость ленты зависит от частоты питающей сети переменного тока, стробоскопический метод, так как он был описан выше, позволяет измерить абсолютную среднюю скорость ленты. Для измерения относительного значения средней скорости, т. е. значения, исключающего эту поправку, источник прерывистого света подключают не к звуковому генератору, а к сети переменного тока, от которой питается и лентопротяжный механизм. Шаг стробоскопических полос или отверстий на ролике или ленте выбирают так, чтобы при номинальном значении средней скорости ленты они казались неподвижными. Если скорость ленты будет больше или меньше, стробоскопические полосы будут казаться в прерывистом свете перемещающимися, в первом случае по направлению движения ленты, во втором — против его. При этом в формулу (8) для определения средней скорости необходимо внести следующую поправку: если полосы или отверстия стробоско-

---

* Например, Stroboflash типа 1200 фирмы Dawe Instrument (Великобритания).

нического ролика смещаются относительно какой-либо выбранной около ролика неподвижной точки со скоростью p полос в секунду, то

$$v = 2\pi D \frac{f \pm p}{n}.$$

Так как в данном случае $f=50$ *гц*, то

$$v = 2\pi D \frac{50 \pm p}{n}. \qquad (9)$$

Знак перед p ставят положительный, если стробоскопические полосы перемещаются по направлению движения ленты, и отрицательный в противоположном случае. Для измерения величины p надо сосчитать число стробоскопических полос или отверстий, проходящих мимо неподвижной точки за минуту, и разделить его на 60. Если применяется стробоскопическая магнитная лента, то средняя скорость определяется по формуле

$$v = a(100 \pm 2p), \qquad (10)$$

где a — расстояние между соседними полосками или отверстиями, а p имеет то же значение, что и в формуле (9).

При использовании стробоскопического метода следует обращать внимание на то, чтобы в кажущемся неподвижным изображении стробоскопического ролика или ленты расстояния между соседними полосками или отверстиями соответствовали их фактической величине; только тогда формулы для подсчета средней скорости будут справедливы. Стробоскопический эффект может возникать, кроме того, и на кратных частотах световых вспышек, однако при этом поставленное выше условие не выполняется.

6. ИЗМЕРЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ СКОРОСТИ ЛЕНТЫ

Общие соображения. Движение ленты в лентопротяжном механизме магнитофона сопровождается как периодическими, так и непериодическими отклонениями скорости от среднего значения.

Если бы эти колебания были одинаковы при записи и воспроизведении, никаких искажений воспроизводимого сигнала не могло бы возникнуть. Однако, в действительности, такого совпадения не происходит, в результате воспроизводимый сигнал оказывается частотно-модулированным разностью колебаний скорости ленты при записи и при воспроизведении:

$$f_в = f_з\left(1 + \frac{v_{\sim в} - v_{\sim з}}{v_0}\right), \qquad (11)$$

где $f_в$ — частота воспроизводимого сигнала;
$f_з$ — частота записанного сигнала;
v_0 — средняя скорость ленты (предполагается одинаковой при записи и воспроизведении);
$v_{\sim в}$ — колебание скорости при воспроизведении;
$v_{\sim з}$ — колебание скорости при записи.

Коэффициент паразитной частотной модуляции сигнала определяется величиной $(v_{\sim в} - v_{\sim з}) / v_0$ и состоит из двух составляющих: $v_{\sim в}/v_0$ — коэффициента частотной модуляции при воспроизведении и $v_{\sim з}/v_0$ — коэффициент частотной модуляции при записи. Каждая составляющая характеризует относительную величину или коэффициент колебания скорости ленты при соответствующем процессе. В большинстве случаев временны́е зависимости названных коэффициентов представляют собой не гармонические, а сложные функции.

Вследствие случайного характера распределения фаз отдельных гармонических составляющих этих функций сложение коэффициентов колебания скорости при записи и при воспроизведении может давать в результате любую величину в пределах от их разности до суммы. Если запись и воспроизведение осуществляются на одном лентопротяжном механизме, то суммарный коэффициент колебании скорости, определяющий собой коэффициент частотной модуляции сигнала в результате записи и воспроизведения, обычно несколько превышает коэффициент колебания скорости, характеризующий только один из этих процессов, т. е. только запись или только воспроизведение. Ввиду неопределенности суммарного значения принято характеризовать лентопротяжный механизм только по одному какому-либо процессу — по процессу записи или процессу воспроизведения и соответственно называть величину $v_{\sim в}/v_0$ или $v_{\sim з}/v_0$ коэффициентом колебания скорости ленты данного механизма. В большинстве механизмов магнитные головки записи и воспроизведения установлены довольно близко друг от друга, поэтому $v_{\sim в}/v_0 \approx v_{\sim з}/v_0$; при большом расстоянии или при наличии вблизи одной головки источника возмущения скорости, коэффициенты колебания скорости ленты следует определять отдельно для процесса записи и для процесса воспроизведения.

При измерениях могут определяться мгновенное, эффективное, среднее и пиковое значения коэффициента колебания скорости ленты. Выбор зависит от того, к какому из значений паразитной частотной модуляции сигнала чувствителен приемник информации, получаемой при воспроизведении записи. Для магнитофонов таким приемником служит орган слуха человека. Паразитная частотная модуляция звука с частотой от 0,2 до 200 *гц* ощущается на слух как искажение, известное под названием «детонация звука». Слух реагирует больше на пиковое значение паразитной частотной модуляции, чем на среднее или эффективное. Поэтому для магнитофонов признано более целесообразным измерять значение коэффициента колебания скорости ленты, близкое к пиковому. Кроме того, надо учитывать, что слух неодинаково чувствителен к частотной модуляции, происходящей с различной частотой. Наиболее ощутима модуляция с частотой от 2 до 10 *гц*. Поэтому при измерениях следует в цепь измерительного прибора вводить фильтр, частотная характеристика которого подобна частотной характеристике восприятия слухом паразитной частотной модуляции (рис. 10). Измеренный при этих условиях коэффициент колебания скорости ленты называется *коэффициентом детонации*. От коэффициента колебания скорости ленты его отличает только способ оценки, вызываемой этими колебаниями частотной модуляции сигнала, — способ, предусматривающий, как мы видели, использование измерительного прибора со свойствами, близкими к свойствам пикового прибора, и использование специального частотного фильтра. Коэффициент детонации более соответствует слуховой оценке детонации, чем просто коэффициент колебания скорости ленты, поэтому в дальнейшем для

магнитофонов нормироваться и измеряться будет только он. Однако в настоящее время, пока нормы на допустимый коэффициент детонации еще не установлены, у магнитофонов измеряют коэффициент колебания скорости ленты.

Методы измерения. Большинство методов измерения коэффициентов колебания скорости ленты и детонации основано на определении коэффициента паразитной частотной модуляции гармонического сигнала при его записи или при его воспроизведении на данном магнитофоне. Для этого используют приборы, называемые детонометрами. Упрощенная блок-схема детонометра показана на рис. 11. Частотно - модулированный сигнал, поступающий на вход детонометра, усиливается и ограничивается по амплитуде, чем устраняется влияние на результат измерений паразитной амплитудной модуляции, возникающей из-за неоднородности магнитной ленты и непостоянства ее контакта с магнитными головками. Далее, в частотном дискриминаторе частотно-модулированный сигнал преобразуется в амплитудно-модулированный. После выпрямления сигнала получают постоянную и переменную составляющие, отношение которых равно измеряемому коэффициенту частотной модуляции и, следовательно, коэффициенту колебания скорости ленты.

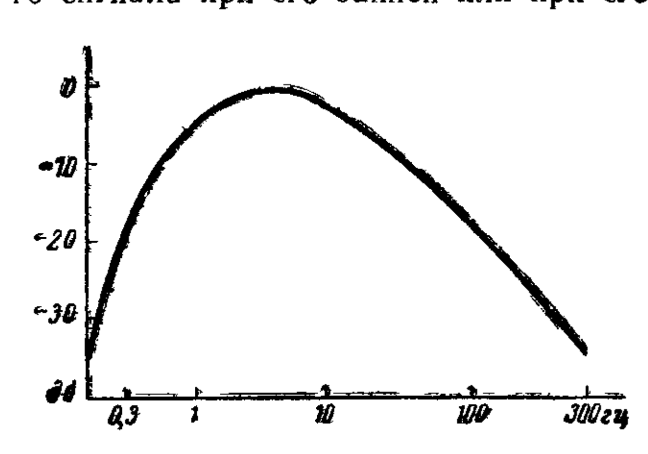


Рис. 10. Частотная характеристика слухового восприятия детонации

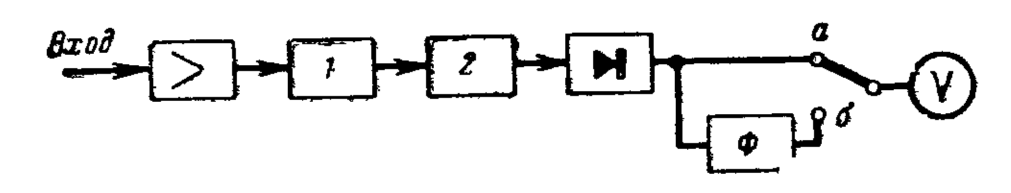


Рис. 11. Блок-схема детонометра

1 — ограничитель, 2 — частотный дискриминатор

Так как величина постоянной составляющей устанавливается всегда одна и та же, то все сводится к измерению при помощи электронного вольтметра переменной составляющей выпрямленного напряжения. Если переключатель установить в положение *б*, то напряжение измеряется через фильтр с частотной характеристикой, изображенной на рис. 10. При этом измеряют коэффициент детонации. В положении *а* переключателя измеряют коэффициент колебания скорости ленты.

Коэффициенты колебания скорости ленты и детонации магнитофона измеряют при сигнале 3 150 *гц* ±3%, стандартном для указанной цели. Измерения с помощью детонометра можно проводить тремя методами.

1. Путем воспроизведения на испытуемом магнитофоне сигнала 3 150 *гц*, записанного на другом магнитофоне, у которого колебания скорости ленты намного меньше, чем у испытуемого. Результат измерения будет характеризовать при этом испытуемый магнитофон.

2. Путем записи на испытуемом магнитофоне сигнала 3 150 *гц* и воспроизведения этой записи на другом магнитофоне, у которого колебания скорости ленты намного меньше, чем у испытуемого.

3. Путем записи на испытуемом магнитофоне сигнала 3 150 *гц* и его воспроизведения на том же магнитофоне.

Наибольшее распространение получил первый метод Для этого метода на прецизионном лентопротяжном механизме изготавливают измерительные ленты с записью сигнала 3 150 *гц*. Измерительные ленты выпускаются под названиями ЛИР 76-Д, ЛИР 38-Д, ЛИР-19Д и т д в зависимости от скорости движения ленты. Второй и третий методы применяются для испытания тех механизмов, на которые нельзя установить существующие измерительные ленты из-за несоответствия скорости и размеров ленты, а также при отсутствии измерительной ленты. При этом третий метод удобнее, так как не требует механизма, однотипного по скорости и ширине ленты с испытуемым, но значительно лучшего по стабильности скорости. Результаты при третьем методе будут получаться от измерения к измерению разными по причинам, рассмотренным ранее. Поэтому следует определять среднеарифметическое значение из 10 измерений и уменьшать его в среднем на 30%, чтобы получить коэффициент колебания скорости ленты или коэффициент детонации данного магнитофона.

Так как изготавливаемые в настоящее время измерительные ленты записаны при помощи лентопротяжного механизма, имеющего коэффициент колебания скорости ленты около 0,1%, то их использование при измерении механизмов с коэффициентом колебания скорости ленты ≤0,1% невозможно, так как ошибка измерений будет слишком велика. Это еще один случай, когда приходится использовать третий метод измерений.

Наконец, следует упомянуть о самом простом методе*, хотя и не измерения, но оценки коэффициента детонации — методе слухового контроля. Воспроизводя запись измерительной ленты или запись сигнала 3 150 *гц*, выполненную на испытуемом магнитофоне, ее прослушивают через громкоговоритель и на слух определяют, насколько мала или велика детонация. Такой метод часто используют при эксплуатационных испытаниях для текущей проверки магнитофона. Конечно, в данном случае требуются определенный навык в распознавании и оценке на слух детонации и способность отличать ее от других искажений. Так как при воспроизведении чистого тона в незаглушенном помещении возникают серии стоячих волн, усиливающих впечатление детонации звука, то при прослушивании надо принять ряд мер, чтобы ошибочно не занизить оценку магнитофона по детонации. Слушателю нельзя, например, перемещаться по помещению или поворачивать голову, нельзя, чтобы и другие присутствующие лица ходили по помещению и тем самым вызывали перемещение отраженных от них звуковых волн; нельзя оценивать детонацию

* Здесь не рассматривается еще один метод измерения — импульсный, основанный на определении времени пробега ленты между двумя близко расположенными рабочими зазорами специальной воспроизводящей магнитной головки. Этот метод мало распространен.

в слишком гулком помещении. С другой стороны, ошибочно прослушивать запись чистого тона через головные телефоны, полностью исключая влияние акустики помещения. При таком прослушивании очень трудно обнаружить детонацию даже при значительной паразитной частотной модуляции.

Детонометры. В отечественной практике для испытания магнитофонов применяют два типа детонометров ИД-2* и КВУ-13**. Детонометр ИД-2 не имеет в своем составе «фильтра слуха» и поэтому измеряет не коэффициент детонации, а коэффициент колебания скорости ленты. Детонометр КВУ-13 позволяет измерять и то и другое и по своим эксплуатационным возможностям превосходит детонометр ИД-2, поэтому мы рассмотрим более подробно его технические характеристики. Динамометр КВУ-13 — это комплект, состоящий из трех приборов: измерителя детонация 7Э-13, анализатора спектра детонации 7Э-15 и контрольного генератора 7Э-17.

Измеритель детонации 7Э-13 позволяет измерять коэффициенты детонации и колебания скорости ленты в пределах шкал 0,1—0,3—1—3—10%. Кроме того, им можно измерять скольжение (см. раздел 5) в пределах ±5% и паразитную амплитудную модуляцию входного сигнала в пределах шкал 1—3—10—30—100%. В измерителе детонации имеется генератор колебаний 3 150 или 10 000 *гц*, предназначенный для измерений вторым и третьим методами. Нестандартная частота 10 000 *гц* предусмотрена для испытаний аппаратов магнитной записи сверхзвуковых сигналов, когда желательно измерять коэффициент колебания скорости ленты в возможно более широком диапазоне частот, т. е. другими словами, определять более быстрые колебания скорости, чем те, которые имеют значение в магнитофоне.

Так, например, при частоте испытательного сигнала 3 150 *гц* прибор 7Э-13 позволяет исследовать колебания скорости в диапазоне 0,2—300 *гц*, а при частоте 10 000 *гц* — в пределах от 0,2 до 3 000 *гц*.

При измерениях коэффициента детонации в приборе 7Э-13 используется «фильтр слуха» с характеристикой, показанной на рис. 10. Показания в измерителе детонации отсчитывают по вольтметру переменного тока с временем интеграции около 60 *мсек*. Показания прибора пропорциональны половине наибольшего изменения частоты испытательного сигнала от положительного до отрицательного пика, прибор отградуирован в процентах. Номинальное входное напряжение измерителя детонации от 0,1 до 10 *в*, входное сопротивление не менее 300 *ком* Для анализа и регистрации детонации можно подключить внешние устройства: электронный осциллоскоп, шлейфный осциллограф и анализатор спектра 7Э-15 — второй прибор, входящий в комплект детонометра КВУ-13.

Третий прибор в комплекте — контрольный генератор 7Э-17 — предназначен для периодической проверки измерителя детонации и анализатора.

Процесс измерения. При измерениях по первому методу головку воспроизведения, или универсальную головку, установленную на лентопротяжном механизме подключают к усилителю воспроизведения магнитофона или к любому обычному усилителю с достаточной чувствительностью. К выходу усилителя подсоединяют детонометр. Все наружные детали лентопротяжного механизма, с которыми соприкасается магнитная лента, в том числе магнитные головки, тщательно размагничивают электромагнитом (рис. 12), питаемым от сети переменного тока *. Для этого включенный электромагнит вначале подносят к размагничиваемому объекту и затем плавно удаляют от него, после чего на расстоянии не менее 0,5 *м* выключают электромагнит. Если магнитные головки заключены более чем в один экран, то экраны надо снять перед размагничиванием. Нужно следить, чтобы вблизи включенного электромагнита не оказалась магнитная фонограмма или измерительная лента. Детали лентопротяжного механизма размагничивают для того, чтобы не испортить измерительную ленту, применяемую при измерении данным методом, и избежать ошибочного завышения показаний детонометра из-за увеличения уровня шумов в канале воспроизведения, если магнитная головка была случайно намагничена.

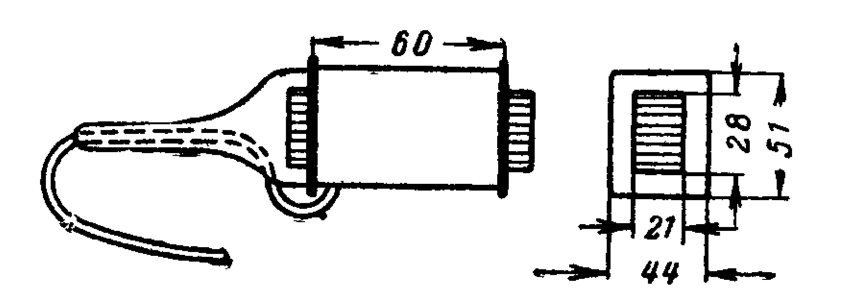


Рис. 12. Размагничивающий электромагнит

Процесс измерения очень прост. Установив на механизм измерительную ленту, соответствующую ему по номинальной скорости, включают рабочий ход и определяют показания детонометра. При испытаниях вновь изготовленного или отремонтированного механизма необходимо отрегулировать с помощью имеющихся в нем устройств наклон рабочего зазора воспроизводящей головки по минимуму показаний детонометра. Это будет соответствовать перпендикулярному положению рабочего зазора относительно направления движения ленты. При отходе от данного положения показания детонометра обычно возрастают, так как неизбежные небольшие перемещения измерительной ленты вверх и вниз во время движения дают составляющую скорости, направленную поперек рабочего зазора головки (рис. 13), увеличивающую паразитную частотную модуляцию воспроизводимого сигнала.

При измерениях по третьему методу сначала записывают на испытуемом механизме на ленту сигнал 3 150 *гц*, а потом, многократно воспроизведя на том же механизме полученную запись, измерить и рассчитать коэффициент колебания скорости ленты или коэффициент детонации так, как это было изложено выше. Эти измерения нельзя проводить в сквозном канале магнитофона, так как при одновременных записи и воспроизведении из измерений исключаются те составляющие колебания скорости ленты, период которых кратен вре-

* В. Г. Кондратьев, Принципы выбора параметров приборов для оценки искажений, вызываемых неравномерностью движения звуконосителя, Труды ВНАИЗ, вып. 1, Москва, 1957.

** Д. П. Василевский, Методика лабораторных испытаний магнитофонов. Труды ВНИИРТ, вып. 2 (12), Москва, 1964.

* Электромагнит собран на сердечнике из 60 пластин толщиной 0,35 *мм*. Для сети напряжением 220 *в* обмотка должна содержать 1 680 витков провода ПЭЛ 0,38; для сети напряжением 110 *в* — 340 витков провода ПЭЛ 0,47.

меии пробега ленты от головки записи до головки воспроизведения. При третьем методе, как и при первом, необходимо предварительное размагничивание лентопротяжного механизма.

Для записи сигнала 3150 *гц* используют канал записи и генератор в. ч.; можно также непосредственно подключать головку записи (или универсальную головку) к звуковому генератору и записывать без высокочастотного подмагничивания. Уровень записи выбирают максимально возможным. Если при измерениях используют генератор, не входящий в комплект детонометра КВУ-13, а любой другой звуковой генератор, то его необходимо предварительно проверить на отсутствие собственной паразитной частотной модуляции. Для этого звуковой генератор подключают к детонометру и измеряют «коэффициент колебания скорости ленты», который должен быть намного меньше, чем у испытуемого лентопротяжного механизма.

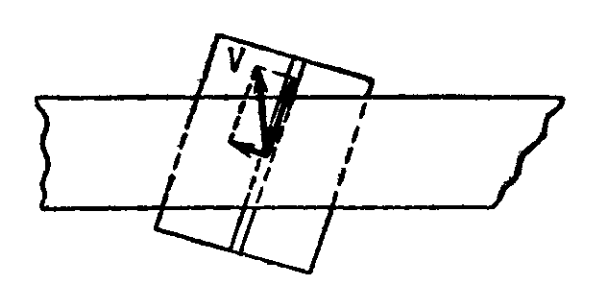


Рис. 13. Перекос рабочего зазора увеличивает детонацию (v-скорость поперечного перемещения ленты)

Как и при первом методе, результат измерения по третьему методу будет завышен, если рабочие зазоры головок записи и воспроизведения не перпендикулярны направлению движения ленты, хотя и параллельны между собой. Правильный наклон рабочих зазоров выбирают экспериментально путем ряда проб.

Измерения по второму методу аналогичны измерениям по третьему, с той лишь разницей, что воспроизведение записи осуществляется не на испытуемом, а на прецизионном лентопротяжном механизме и не многократно, а один раз.

Независимо от метода, измерять коэффициенты детонации и колебания скорости ленты надо при минимальном и максимальном напряжениях питающей сети и при различном количестве ленты на подающем узле механизма в тех пределах, какие допущены для данного аппарата. Так как длина измерительной ленты ЛИР-Д сравнительно невелика, к ней подклеивают обычную магнитную ленту для получения рулона требуемого размера.

Если испытуемый механизм предназначен для записи многодорожечных фонограмм, то коэффициент детонации следует измерять на каждой из дорожек в отдельности. Впрочем, вполне допустимо и рациональное сокращение объема испытаний — ограничение его одним испытанием в наиболее неблагоприятном режиме работы механизма, который назначается в соответствии с особенностями конструкции. Например, для многих механизмов магнитофонов широкого применения это будет испытание при минимальном напряжении электропитания на крайней дорожке записи и при минимальном количестве ленты на подающем узле.

Результат измерений записывают по наибольшему показанию детонометра, однако одиночные, кратковременные выбросы, если они возникают в среднем не чаще чем 3 раза в минуту, не учитываются, так как такие колебания скорости практически не создают у слушателя отчетливого впечатления детонации звука.

7. ИЗМЕРЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ НАПРАВЛЕНИЯ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Направлением записи и направлением воспроизведения называют направления перемещения магнитной ленты относительно рабочего зазора магнитной головки при записи и воспроизведении. Стабильность этих направлений очень важна, особенно при малых скоростях движения ленты, так как небольшое различие между ними или непостоянство в пределах рулона ленты, на который рассчитан механизм, приводит иногда к значительному завалу частотной характеристики магнитофона на высоких частотах. Для проверки лентопротяжный механизм соединяют с электронной частью магнитофона, устанавливают полный рулон ленты и записывают в начале и в конце его примерно в течение 1 *мин* сигнал звукового генератора с частотой, равной верхней рабочей частоте данного магнитофона. Затем запись воспроизводят и по ее началу подстраивают наклон рабочего зазора воспроизводящей (или универсальной) магнитной головки на максимум выходного напряжения канала воспроизведения. Далее воспроизводят конечную запись и замечают выходное напряжение U_1. Вновь подстраивают (теперь уже по конечной записи) наклон зазора головки, что приводит к увеличению напряжения до U_2. Отношение U_2/U_1 характеризует стабильность направления записи и воспроизведения в данном механизме; чем ближе это отношение к единице, тем лучше механизм. Для механизмов, у которых натяжение ленты не стабилизировано и изменяется в значительных пределах, рекомендуется еще и дополнительная проверка. Производя первоначальную запись в начале и в конце рулона по 1 *мин*, меняют местами начальные и конечные участки фонограммы, для чего надо прибегнуть к монтажу фонограммы путем разрезки и склейки ленты.

Стабильность направления оценивают аналогично предыдущему: настраивают положение рабочего зазора воспроизводящей головки сначала по начальной, а затем по конечной записям; получаемое при второй настройке увеличение выходного напряжения представляет собой характеристику лентопротяжного механизма.

Стабильность направления записи и воспроизведения измеряют при всех рабочих скоростях ленты магнитофона, при повышенном и пониженном напряжении электропитания.

8. ПРОЧИЕ ИСПЫТАНИЯ ЛЕНТОПРОТЯЖНОГО МЕХАНИЗМА

Испытания тормозов. Тормоза подающего и приемного узлов механизма должны проверяться по ряду показателей. При остановленной ленте, т. е. при включенных тормозах, проверяют тормозной момент и дифференциальность торможения. Под последним понимают отношение тормозных моментов в направлениях по часовой стрелке и против нее. Измерение проводят динамометром, прикрепленным к сердечнику, катушке или подкатушнику на расстоянии r от оси подающего или приемного узла (рис. 14). Корпус динамометра оттягивают вручную и замечают показания динамометра P в момент трогания с места рулона ленты. Тормозной момент определится как $M = Pr$. Тормозные моменты измеряют для обоих направлений пово-

рота рулона ленты, после чего вычисляют их отношение, т. е. дифференциальность торможения.

В лентопротяжных механизмах с тремя электродвигателями при расторможенных правом и левом узлах, кроме того, измеряются их начальные тормозные моменты, что позволяет судить о том, насколько полно отключаются тормоза и о трении в подшипниках двигателей. Начальный тормозной момент измеряют аналогично предыдущему.

Измерение подтормаживания ленты. Подтормаживание ленты со стороны подающего узла во время записи и воспроизведения должно быть равномерным. Непостоянство момента подтормаживания

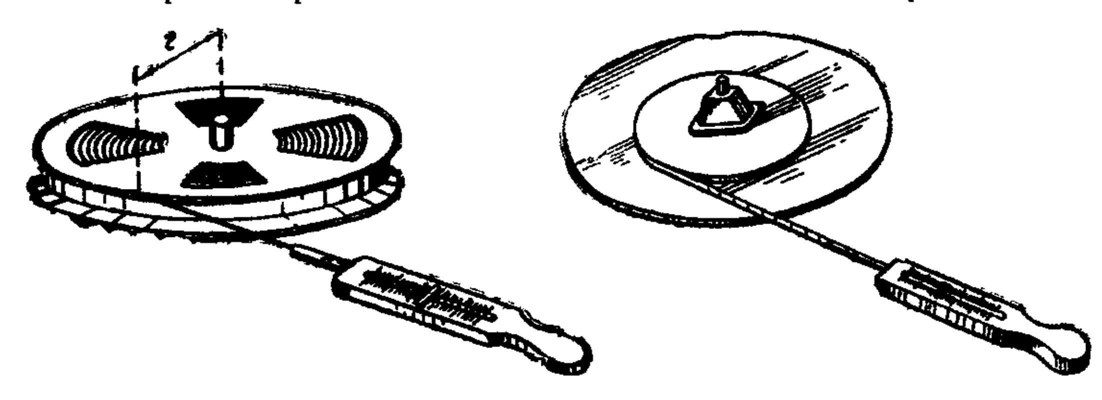


Рис. 14. Измерение тормозного момента

Рис. 15 Измерение момента подтормаживания ленты

за один оборот подающего узла вызывает периодические изменения натяжения ленты и скорости ее движения и в результате — детонацию звука.

Обнаружить это при измерении натяжения ленты во время ее рабочего хода можно лишь при очень больших колебаниях момента подтормаживания. Для более подробного исследования поступают следующим образом. На подающий узел лентопротяжного механизма устанавливают катушку или сердечник, на которые намотано 5—10 *м* ленты. Конец ленты удерживают динамометром (рис. 15). Включают механизм на воспроизведение или запись Оттягивая постепенно на себя корпус динамометра, замечают его показания P в момент трогания с места подающего узла. Измерения проводят для 5—8 различных начальных положений подающего узла, после чего определяют неравномерность момента подтормаживания:

$$\frac{P_{\text{макс}} - P_{\text{мин}}}{P_{\text{мин}}} 100\%. \qquad (11а)$$

В механизмах с тремя электродвигателями, у которых подающий узел соединен с двигателем, корпус динамометра при измерениях держат неподвижно. При включении механизма двигатель сам растягивает пружину динамометра, что позволяет определить момент подтормаживания ленты, равный пусковому моменту двигателя. Отсчитав показания динамометра, оттягивают его корпус немного на себя, после чего вновь определяют тяговое усилие для нового положения ротора двигателя и т. д. Все измерения подтормаживания проводят при максимальном напряжении электропитания механизма.

Измерение давления прижимного ролика на ведущий вал. Силу прижима магнитной ленты к ведущему валу определяют динамометром со шкалой измерений на несколько десятков ньютон.

Динамометр через накидную проволочную петлю соединяют с валом, на котором вращается прижимный ролик (рис. 16). Тяга и пружина динамометра должны находиться на прямой линии, проходящей через оси вращения ведущего вала и прижимного ролика, и располагаться в плоскости, параллельной плате лентопротяжного механизма. Механизм включают без ленты на запись или воспроизведение. Оттягивая постепенно рукой корпус динамометра, замечают его показания в тот момент, когда прекращается вращение прижимного ролика. Измерение повторяют 7—10 раз, чтобы усреднить влияние эксцентриситета обрезиненной поверхности прижимного ролика. Затем вычисляют среднеарифметическое значение давления прижимного ролика на ведущий вал.

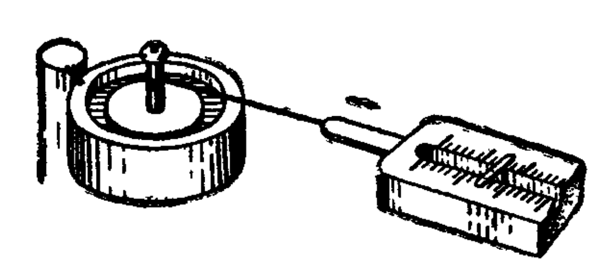


Рис. 16. Измерение силы давления прижимного ролика

Определение правильности расположения магнитных головок относительно ленты. Наиболее просто данная проверка производится в магнитофонах с однодорожечной фонограммой, когда ширина дорожки записи равна ширине магнитной ленты. В таких магнитофонах ширину набора пластин сердечника магнитных головок выбирают обычно равной 5,8 *мм* у головок воспроизведения, 6,3 *мм* — у головок записи и 7 *мм* — у головок стирания. Поэтому, глядя на сердечники головок во время рабочего хода магнитной ленты, ширина которой равна 6,25 *мм*, можно определить правильность расположения головки по высоте: у головок записи и стирания со стороны каждого края ленты должны быть видны равные по ширине участки сердечника, а сердечник головки воспроизведения не должен быть виден вовсе (рис. 17). Для более точного определения положения головки воспроизведения применяют прозрачную магнитную ленту (со смытым рабочим слоем), сквозь которую виден сердечник головки. Если магнитные головки плохо видны наблюдателю или их рабочая поверхность повернута в сторону от наблюдателя, тогда наблюдения проводят при помощи зеркала.

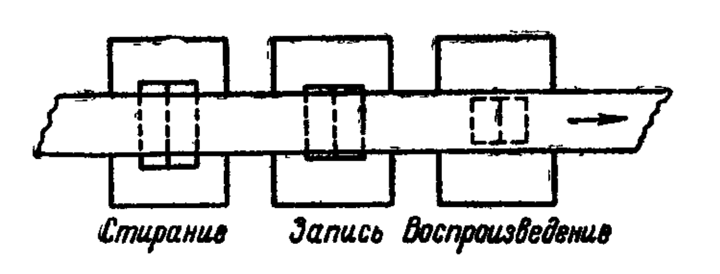


Рис. 17. Расположение магнитных головок относительно ленты при однодорожечной фонограмме (вид со стороны основы ленты)

Сложнее обстоит дело у магнитофонов с многодорожечными фонограммами. По ним наиболее точно можно судить о правильности расположения магнитных головок по положению дорожек записи, стирания и воспроизведения, образующихся на ленте. Для этого, по-

очередно подавая в обмотки головок ток звуковой частоты, получают на ленте дорожки записи, соответствующие по своему положению и ширине положению и ширине сердечников головок записи, стирания и воспроизведения. Все записи можно производить без подмагничивания при токе, достаточном для насыщения ленты. Лента должна быть предварительно размагничена. Частоту тока записи выбирают такой, чтобы длина волны записи была около 0,2 *мм*. Далее записи визуализируют (см. § 5) и фонограмму помещают на координатный микроскоп, где определяют необходимые размеры.

После определения положения магнитных головок по высоте, проверяют их контакт с лентой и положение рабочих зазоров в пределах угла огибания головок лентой. Для этого на рабочую поверхность головок осторожно наносят тонкий слой чернил или мела. Затем на лентопротяжный механизм устанавливают ленту и включают на 1—2 *мин* рабочий ход, после чего ленту снимают и осматривают головки через увеличительное стекло. Зона угла огибания хорошо видна на рабочей поверхности головок, так как в ее пределах слой мела или чернил стирается лентой. Таким путем можно определить, насколько правильно расположен зазор, т. е. находится ли он в середине угла огибания лентой данной головки. По следу, оставляемому лентой на поверхности сердечника, кроме того, можно судить, равномерно ли прилегает она к сердечнику по всей его ширине.

Определение плотности намотки. Если в испытуемом лентопротяжном механизме лента наматывается на катушку, то о плотности намотки можно судить по количеству ленты, которую удается намотать, не выходя за пределы фланцев катушки. Плотность намотки оценивают следующим способом. Намотав при ускоренной перемотке полную катушку ленты, включают механизм на рабочий ход и измеряют время, за которое вся лента пройдет через ведущий узел. Зная среднюю скорость движения, нетрудно подсчитать длину ленты, намотанной на катушку. Критерием плотности намотки служит отношение длины ленты, намотанной на катушку в испытуемом магнитофоне, к номинальной длине ленты, которая должна наматываться на данную катушку согласно ГОСТ 7704-61 «Катушки для намотки ленты». Это отношение не должно быть меньше 1, но и не должно превосходить 1, 2, поскольку слишком плотная намотка так же нежелательна, как и рыхлая.

Если лента наматывается на сердечник, то о плотности намотки можно судить по отношению фактического диаметра рулона $D_{изм}$ к расчетному:

$$D_р = \sqrt{\frac{4vtd}{\pi} + D_0^2}\,, \qquad (11б)$$

где v — средняя скорость ленты, *см/сек*;
t — время непрерывной записи и воспроизведения, *сек*, при данном рулоне ленты;
d — номинальная толщина ленты, *см* (для типа 6 $55 \cdot 10^{-4}$);
D_0 — диаметр сердечника, равный 10 *см*.

Отношение $D/D_р$ должно находиться в пределах 0,9—1,1.

Плотность намотки ленты следует определять для обоих направлений ускоренной перемотки при максимальном и минимальном напряжении электропитания лентопротяжного механизма.

ИСПЫТАНИЯ УСИЛИТЕЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

9. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Усилители воспроизведения в разных магнитофонах представляют собой либо предварительный усилитель с маломощным (0,1—0,2 *вт*) так называемым «линейным» выходом, либо усилитель с выходной мощностью в несколько ватт. Но и последний имеет линейный выход, предназначенный для подключения внешнего усилителя или другого магнитофона при перезаписи. Собственные помехи и нелинейные искажения усилителя на линейном выходе меньше, чем на мощном выходе, что же касается частотных характеристик, то их различие определяется действием регуляторов тембра на сигнал, получаемый с мощного выхода, и в некоторых случаях частотной коррекцией громкоговорителя.

Наиболее специфическая часть усилителя воспроизведения та, которая заканчивается его линейным выходом, поэтому в данной главе рассматриваются испытания только этой части. Что же касается имеющейся в некоторых усилителях воспроизведения оконечной части, то ее можно испытывать по методике, хорошо известной из любого учебного пособия по усилителям низкой частоты.

10. ПОДАЧА ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Известны пять схем входного устройства для подачи напряжения на вход усилителя воспроизведения (рис. 18). Каждая из них имитирует возникновение э. д. с в обмотке головки воспроизведения, поэтому во всех схемах используется или та головка, с которой работает данный усилитель, или чаще однотипная с ней, у которой коэффициент индуктивности и активное сопротивление имеют значения, близкие к номинальным. Головка должна быть защищена от действия внешних электромагнитных помех, для чего ее помещают в пермаллоевый экран. Внутри экрана обычно монтируют и остальные детали входного устройства — резисторы и конденсатор. Не следует располагать головку, особенно ее рабочий зазор, близко к стенкам экрана, так как это изменит ее индуктивность. Входные и выходные провода устройства, выходящие из экрана, тщательно перевивают попарно. Для выходных проводов, как особенно чувствительных к наводкам, следует применять провод МГШД 7×0,1, свивая его с шагом 1 *мм*. На свитые провода надевают сначала изоляционную трубку, а затем металлическую оплетку, соединенную с пермаллоевым экраном и корпусом усилителя.

Если индуктивность головки велика и в рабочем диапазоне частот возможно возникновение резонанса между индуктивностью головки, емкостью обмотки и входной емкостью усилителя, то следует насколько можно сократить длину проводов, соединяющих вход усилителя с входным устройством, чтобы емкость этих проводов не исказила резонансные явления.

Переходим к разбору отдельных схем входного устройства. В схеме, показанной на рис. 18,*а*, при помощи делителя напряжения в цепь головки вводится э. д. с.

$$e = \frac{r}{r+R}\,U_{вх} \approx \frac{r}{R}\,U_{вх}\,. \qquad (12)$$

Кроме э. д. с., в цепь головки вносится сопротивление r. Чтобы не изменять свойства входной цепи усилителя, сопротивление r должно быть по крайней мере в 5 раз меньше минимального полного сопротивления головки, т. е. ее сопротивления на самой низкой частоте. Обычно $r=1\div2$ *ом* удовлетворяет этому требованию.

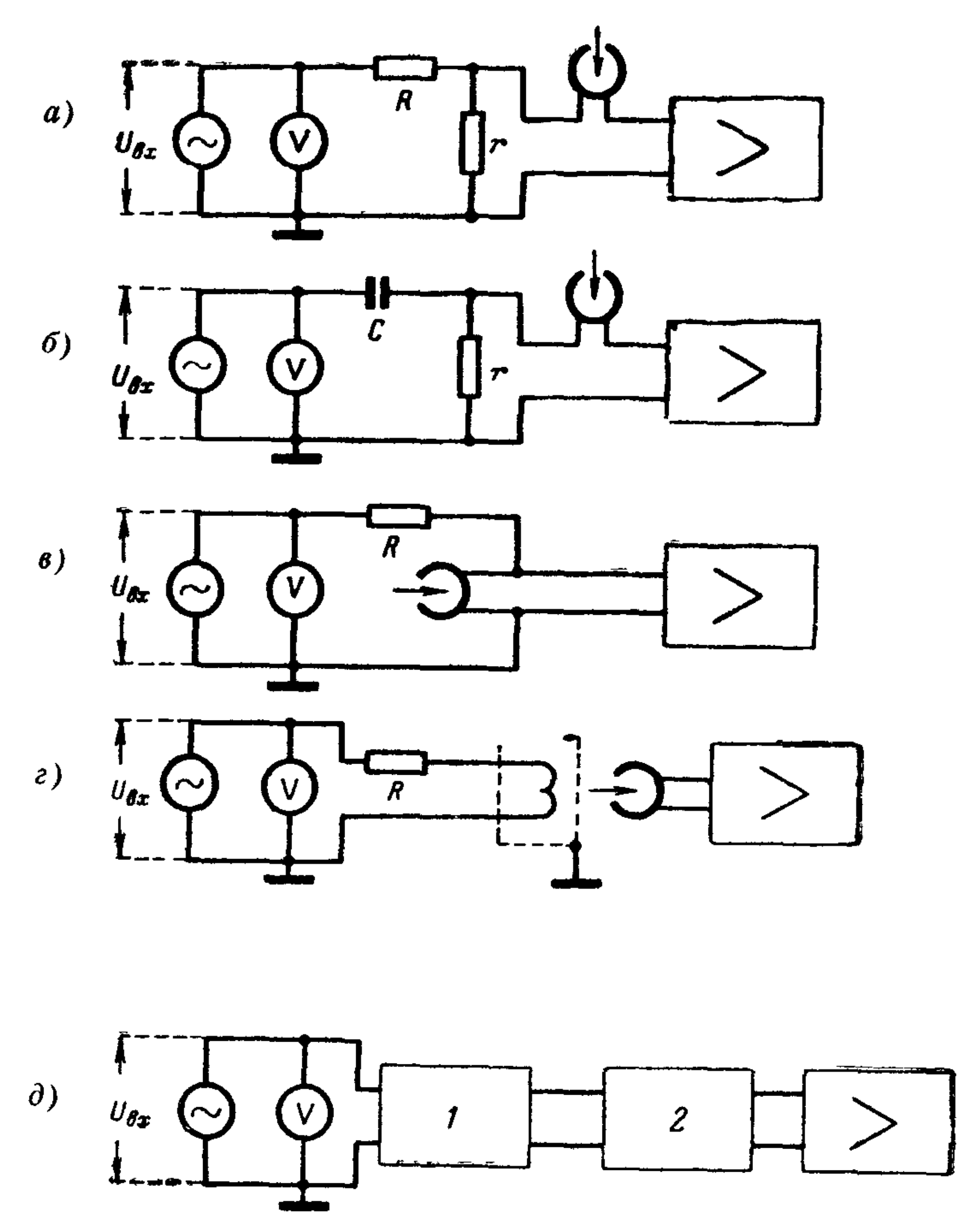


Рис. 18. Схема подачи напряжения на вход усилителя воспроизведения при испытаниях

При поддержании постоянного входного напряжения $U_{вх}$ в этой схеме остается постоянной и вводимая э. д. с. (12), что не соответствует обычным условиям работы воспроизводящей головки в магнитофоне, где ее э. д. с. с повышением частоты сначала растет, а затем уменьшается. Поэтому, чтобы не перегрузить при испытаниях усилитель по выходу, величину e выбирают равной э. д. с. головки на самой низкой частоте рабочего диапазона при воспроизведении записи с максимальным уровнем. Данные об э. д. с. должны быть получены предварительно при испытании головки.

Величину e можно регулировать выбором R и $U_{вх}$.

В схеме на рис. 18,*б* имеется конденсатор C. Его емкость выбирается такой, чтобы во всем рабочем диапазоне частот выполнялось условие $1/\omega C > r$, например $r=2$ *ом*, $C=0{,}1$ *мкф*. При поддержании $U_{вх}$ постоянным э. д. с., вводимая в данной схеме в цепь головки, растет пропорционально частоте, имитируя воспроизведение идеальной записи идеальной головкой. Для устранения перегрузки усилителя (на этот раз по входу) $U_{вх}$ выбирают так, чтобы на самой высокой частоте $f_в$ рабочего диапазона вводимая э. д. с. не превышала максимальной э. д. с. головки при воспроизведении записи той же частоты. Электродвижущая сила головки определяется при ее испытании*, а вводимая э. д. с. рассчитывается по формуле

$$e = U_{вх}\frac{r}{\sqrt{r+\frac{1}{\omega_в^2 C^2}}} \approx U_{вх}\,\omega_в\, C r\,, \qquad (13)$$

где $\omega_в = 2\pi f_в$.

Входное сопротивление данной измерительной схемы уменьшается по мере повышения частоты, приближаясь к r. Поэтому здесь необходим звуковой генератор, рассчитанный на подключение низкоомной нагрузки (иногда прибегают к согласующему понижающему трансформатору). Конденсатор C несколько ослабляет проникание фона переменного тока из звукового генератора на вход усилителя, но одновременно увеличивает и коэффициент гармоник генератора, что должно приниматься во внимание при измерениях помех и нелинейных искажений.

Обе схемы (рис. 18, *а* и *б*) следует применять только при низкоомных воспроизводящих головках с индуктивностью, не превышающей 0,1 *гн*, когда в рабочем диапазоне частот не возникает резонанс токов в обмотке головки.

Для испытания усилителей, работающих от высокоомных головок, т. е. головок с индуктивностью свыше 0,1 *гн*, рекомендуется схема, изображенная на рис. 18, *в*.

Данная схема, так же как и предыдущая, позволяет вводить во входную цепь усилителя э. д. с., пропорциональную частоте сигнала, при условии, что $R \gg Z$ головки во всем диапазоне частот; обычно достаточна величина $R=1$ *Мом*. Аналогично предыдущему в схеме ослабляется фон и усиливается коэффициент гармоник звукового генератора. В отличие от схем, изображенных на рис. 18, *а* и *б*, здесь правильно имитируются резонансные явления в обмотке головки; при возникновении резонанса Z увеличивается и входное напряжение в испытуемом усилителе возрастает. Преимущество схемы состоит в большем удобстве подключения к усилителю, когда последний при испытаниях остается в магнитофоне, так как не требуется отпайка

* При этом испытании ток записи выбирают так, чтобы на низких частотах получался максимальный уровень записи (256 *пвб* на 1 *мм* ширины дорожки записи).

одного из проводов, идущих от головки, а лишь параллельное подсоединение к ней.

При низкоомной воспроизводящей головке данная схема дает ошибочный подъем частотной характеристики усилителя на низких частотах на величину

$$20\lg \frac{\sqrt{(\omega L_г)^2 + r_г^2}}{\omega L_г}\ дб, \qquad (14)$$

где $L_г$ — индуктивность головки;
$r_г$ — активное сопротивление обмотки,
что должно учитываться при измерениях.

В схеме, изображенной на рис 18,*г* э д. с. в цепи воспроизводящей головки наводится магнитным потоком индуктора L. Индуктор представляет собой катушку индуктивности без сердечника (или с разомкнутым ферритовым сердечником), устанавливаемую на некотором расстоянии от рабочего зазора головки. Для того чтобы связь между головкой и индуктором была чисто индуктивной, а не индуктивно-емкостной, катушку индуктора надо заключить в электростатический экран, соединенный с корпусом усилителя, следя за тем, чтобы этот экран не образовал замкнутого витка вокруг катушки.

При поддержании постоянным $U_{вх}$ и $R=0$ наводимая э д с. не зависит от частоты и схема действует аналогично схеме на рис. 18, *а*. Однако такое включение индуктора требует очень низкоомного выхода звукового генератора и весьма малого активного сопротивления индуктора, что практически получить трудно. Поэтому чаще данную схему используют в режиме постоянной величины тока через индуктор, для чего сопротивление резистора R выбирают так, чтобы $R=5\div8\omega_в L$, где $\omega_в$ — верхняя круговая частота рабочего диапазона, L — индуктивность катушки индуктора.

При выполнении этого условия наводимая в головке э. д. с. пропорциональна частоте; в этом отношении схема становится аналогичной схемам на рис. 18, *б* и *в*.

Преимущество схемы на рис. 18, *г* заключается в удобстве ее применения для испытания усилителя воспроизведения, установленного в магнитофоне. Никаких пересоединений в схеме магнитофона при этом не требуется, так как связь с измерительной схемой здесь индуктивная. Второе преимущество — правильный учет действия собственной емкости обмотки и входной емкости усилителя, благодаря чему схема может применяться при головках с любой резонансной частотой. Недостаток ее — некоторая сложность изготовления индуктора и необходимость жесткого крепления его относительно воспроизводящей головки, так как всякое, даже небольшое, изменение их взаимного расположения вызывает значительную ошибку измерения.

Последняя, пятая схема подачи напряжения на вход испытуемого усилителя воспроизведения (рис. 18, *д*) отличается от предыдущих тем, что звуковой генератор подключается через фильтр *1*, частотная характеристика которого подобрана так, чтобы при нормально установленной частотной коррекции в усилителе (ее называют часто «рабочей коррекцией») выходное напряжение усилителя не изменялось с частотой. В качестве четырехполюсника *2* можно применить любую из рассмотренных выше схем.

Преимущество пятой схемы состоит в том, что при ней не требуется помнить номинальную частотную характеристику усилителя воспроизведения и сравнивать с ней частотную характеристику, полученную при измерении. При использовании данной схемы и исправном усилителе, напряжение на его выходе должно оставаться неизменным в рабочем диапазоне частот, а все отклонения представляют собой отклонения частотной характеристики от нормы.

11. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ

Для измерения частотной характеристики вход усилителя воспроизведения соединяют со звуковым генератором при помощи одной из пяти схем, рассмотренных в предыдущем разделе. Схему выбирают в зависимости от индуктивности головки воспроизведения и условий измерения.

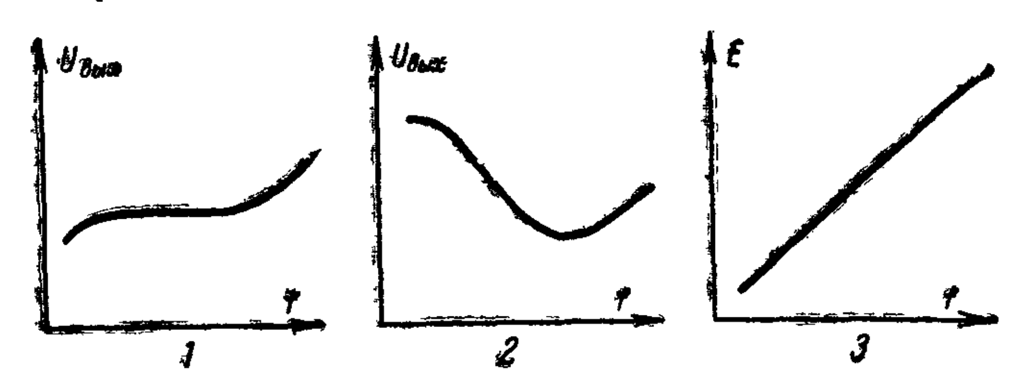


Рис. 19. Частотная характеристика (*1*), получаемая при использовании схем, изображенных на рис. 18, *б*, *в* и ее составляющие частотная характеристика усилителя (*2*) и частотная характеристика входной э д с. (*3*)

Выход усилителя (напомним, что имеется в виду линейный выход) соединяют с нагрузочным резистором, на подсоединение которого он рассчитан, и электронным вольтметром. Целесообразно для контроля включить еще и осциллограф.

Частотную характеристику снимают как зависимость выходного напряжения усилителя от частоты при неизменном напряжении на выходе генератора. Следует помнить, что при подаче входного напряжения по схемам, изображенным на рис. 18, *б*, *в* и *г*, получаемая частотная характеристика будет представлять собой сумму двух характеристик: частотной характеристики усилителя и частотной характеристики входной э. д. с.; последняя имеет форму прямой линии с крутизной +6 *дб* на октаву (рис. 19). Поэтому из суммарной характеристики надо вычесть вторую составляющую, чтобы получить частотную характеристику усилителя.

Выбор числа отсчетов зависит от схемы усилителя и задачи испытания. При подробном испытании усилителя, например во время его разработки, характеристика должна определяться по наибольшему количеству отсчетов, в том числе обязательно на частотах сигналов, записанных на измерительной ленте, а также за пределами

рабочего диапазона. При дальнейших испытаниях число и положение точек отсчета определяются главным образом характером влияния на частотную характеристику усилителя имеющихся в нем регуляторов коррекции или подстроечных элементов. В той области частот, где это влияние незначительно, можно допустить меньшую подробность измерений.

Регулятор усиления устанавливают при снятии частотной характеристики так, чтобы выходное напряжение не превышало номинального значения, свойственного данному усилителю. При схеме, изображенной на рис. 18, *а*, выполнение этого условия следует контролировать на самой низкой частоте рабочего диапазона, а при схемах, показанных на рис. 18, *б*, *в* и *г* — на самой высокой частоте.

Если в усилителе имеется регулятор коррекции, то частотную характеристику снимают для двух его положений, соответствующих минимальной и максимальной коррекции. Из сравнения этих характеристик с характеристикой, нормированной для данной скорости ленты, можно судить о запасе коррекции и о том, насколько он правильно распределен по частотному диапазону.

Если воспроизводящая головка нагружается входным сопротивлением усилителя, если резонансные явления в обмотке головки возникают на частоте, близкой или лежащей в пределах рабочего диапазона, полезно при подробных исследованиях измерить частотные характеристики усилителя при различных (в пределах установленных допусков) коэффициентах самоиндукции воспроизводящей головки. Этим определится критичность величины индуктивности, а также поведение усилителя во время эксплуатации, когда из-за происходящего износа головки ее индуктивность постепенно уменьшается.

Влияние напряжения электропитания и смены ламп усилителя на его частотную характеристику в большинстве схем столь незначительно, что исследовать его не имеет смысла.

12. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ УСИЛИТЕЛЯ

При измерении нелинейных искажений в усилителе воспроизведения следует применять звуковой генератор, у которого собственные нелинейные искажения на порядок меньше ожидаемого результата. В этом следует убедиться, измерив коэффициент гармоник генератора при том положении его регулировочных органов, которое выбирается во время испытания усилителя.

Из различных схем подачи входного напряжения предпочтительна схема, изображенная на рис. 18, *а*, как не ухудшающая форму колебаний создаваемых генератором.

При измерении нелинейных искажений в усилителе устанавливают максимальное входное и номинальное выходное напряжения. Для этого, зная э. д. с. головки при воспроизведении записи с максимальным уровнем сигнала 400 *гц* и пользуясь формулой (12), рассчитывают необходимое напряжение $U_{вх}$ звукового генератора при той же частоте колебаний. Подавая это напряжение, устанавливают регулятором усиления номинальное выходное напряжение, соответствующее техническим данным усилителя *.

* При подробных испытаниях измеряют, кроме того, максимальное выходное напряжение при установке регулятора усиления в положение минимального затухания.

К выходу усилителя подключают нагрузочный резистор, измеритель нелинейных искажений и для контроля осциллоскоп. Наиболее удобен для измерения коэффициента гармоник прибор ИНИ-6, так как он нечувствителен к фону переменного тока, поступающего на вход усилителя от звукового генератора вместе с полезным сигналом. Приборы ИНИ-10, ИНИ-11 и ИНИ-12 (С6-1) не имеют этого преимущества и поэтому дают завышенные показания коэффициента гармоник, измеряя вместе с гармониками фон самого усилителя и главное фон звукового генератора. Перед входом перечисленных трех измерителей нелинейных искажений следует включать делитель (последовательно входу конденсатор емкостью 0,1 *мкф* и параллельно входу резистор сопротивлением 10 *ком*). Такой делитель несколько ослабляет составляющие фона с частотами 50 и 100 *гц* и позволяет точнее измерить коэффициент гармоник, если частота полезного сигнала не менее 400 *гц*.

Если входное сопротивление измерителя нелинейных искажений оказывается недостаточно высоким, для того чтобы непосредственно подключать измеритель параллельно нагрузке, то его включают через вспомогательный усилитель, собственные нелинейные искажения которого малы. Вспомогательный усилитель бывает также необходим, когда напряжение на линейном выходе испытуемого усилителя воспроизведения недостаточно для нормальной работы измерителя искажений.

Очень подробно, хотя и намного медленнее, можно измерить коэффициент гармоник с помощью анализатора спектра, при этом основной сигнал и каждую его гармонику измеряют отдельно, а коэффициент гармоник (частичный или общий) вычисляют.

Кроме измерения в режиме максимального усиления, коэффициент гармоник усилителя воспроизведения измеряют дополнительно при перегрузке на 50 или 100%, для чего увеличивают напряжение звукового генератора и соответственно выходное напряжение усилителя в 1,5 или 2 раза.

При выборе частоты сигнала, на которой измеряют коэффициент гармоник, надо исходить из особенностей конкретной схемы испытуемого усилителя. Если усилитель не содержит трансформаторов и катушек с ферромагнитными сердечниками, могущими насыщаться на низких частотах, и если в нем не применена частотно-зависимая отрицательная обратная связь, то вполне достаточно измерить коэффициент гармоник на одной средней частоте. Обычно берут частоту 400 *гц*, удобно тем, что по записи сигнала этой частоты в измерительной ленте определяют входную э. д. с. усилителя. В тех усилителях воспроизведения, где есть основания предполагать увеличение нелинейных искажений по мере понижения частоты, коэффициент гармоник дополнительно измеряют на частоте 60 или 100 *гц*. При этом положение регулятора усиления в усилителе не изменяют, а напряжение генератора $U_{вх}$ подбирают так, чтобы на выходе усилителя сохранилось номинальное напряжение.

Весьма существенно определение нелинейности усилителя на высоких частотах. Измерение коэффициента гармоник на этих частотах нецелесообразно по следующим причинам. В большинстве усилителей воспроизведения необходимая частотная характеристика формируется тем или иным способом не на входе усилителя, а в цепях, следующих за первым, а иногда и за вторым каскадом усиления (рис. 20), или в цепи обратной связи, охватывающей эти каскады. Известно,

что характеристика усилителя имеет крутой подъем на низких и завал на высоких частотах. Поэтому гармоники полезного сигнала, возникающие вследствие нелинейных искажений в первых каскадах, ослабляются действием частотной коррекции, что, однако, не означает уменьшения нелинейности этих каскадов. Действительно, при усилении сложного сигнала, содержащего в своем составе несколько составляющих с различными частотами, нелинейные искажения выражаются не только в появлении на выходе усилителя высших гар-

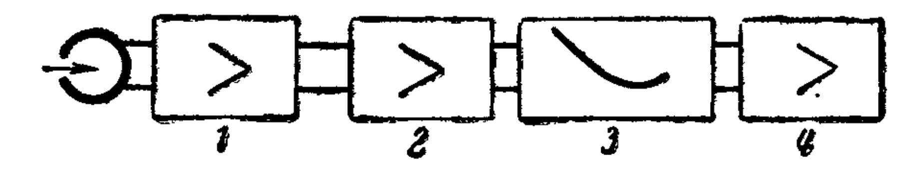


Рис. 20. Блок-схема усилителя воспроизведения, показывающая место формирования его частотной характеристики

1 — первый каскад усилителя; *2* — второй каскад усилителя; *3* — частотно-зависимый делитель напряжения; *4* — последующие каскады усиления

моник, но и комбинационных тонов. Так, например, при подаче на вход усилителя двух колебаний с частотами f_1 и f_2 в результате нелинейных искажений возникают, кроме гармоник $2f_1$, $2f_2$, $3f_1$, $3f_2$, еще суммарные комбинационные тона f_1+f_2, $2f_1+f_2$, $2f_2+f_1$ и разностные комбинационные тона f_1-f_2, $2f_1-f_2$, $2f_2-f_1$.

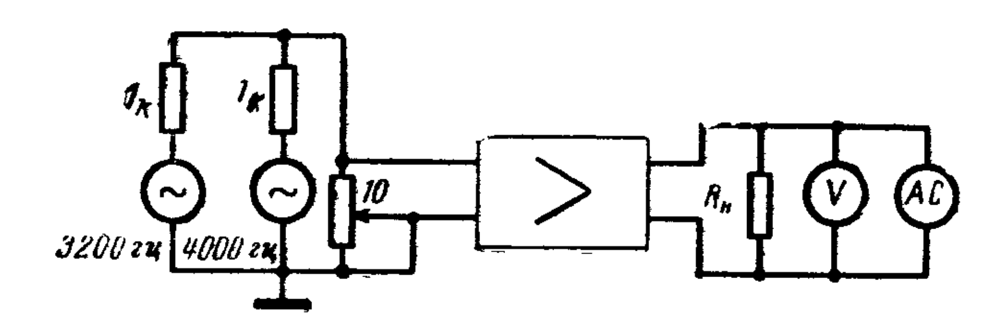


Рис. 21. Схема измерения нелинейных искажений усилителя воспроизведения путем определения интенсивности разностного тона

Разностные тона как более низкие по частоте, чем основные полезные сигналы, будут больше усилены благодаря действию частотной коррекции в усилителе, благоприятствующей прохождению колебаний более низких частот. Таким образом, гармоники подавляются частотной коррекцией, а разностные тона подчеркиваются. Субъективно, разностные тона даже более заметны и неприятны на слух, чем гармоники. Если последние изменяют лишь тембр звука, то разностные тона вносят диссонанс. Нетрудно видеть, что разностные тона в усилителе воспроизведения будут возникать сильнее на более высоких частотах, когда увеличивается разница в коэффициентах усиления для полезных сигналов и разностных тонов. Вот почему нелинейность усилителя воспроизведения на высоких частотах лучше характеризуется величиной разностных тонов, чем величиной гармоник.

Исследования показали, что верхней границей частотного диапазона, в пределах которого можно ожидать от большинства натуральных источников звука еще достаточно сильных сигналов, является частота 4 000 *гц*. Отсюда и исходят при измерении нелинейности усилителя воспроизведения на высоких частотах путем определения интенсивности разностного тона. Методика измерения такова: после измерения коэффициента гармоник на средних и низких частотах на вход усилителя подключают вместо одного два звуковых генератора. Вместо ранее приведенных схем подачи входного напряжения применяют схему, изображенную на рис. 21. Сначала включается только один генератор, дающий частоту колебаний 4 000 *гц*. Его напряжение регулируют так, чтобы на выходе усилителя получалось напряжение вдвое меньше номинального. Затем первый генератор выключают и включают второй, настроенный на частоту колебаний 3 200 *гц*, напряжение которого регулируется аналогично. При этих подготовительных операциях регулятор усиления в усилителе должен оставаться в том же положении, в каком он был при измерении коэффициента гармоник. Когда подготовка закончена, включают оба звуковых генератора и анализатором спектра *АС* исследуют сигнал на выходе усилителя. Измеряют основные составляющие сигнала с частотами $f_1=3\,200$ и $f_2=4\,000$ *гц* (их амплитуды будут примерно одинаковы) и разностную составляющую $f_2-f_1=800$ *гц*. Отношение напряжения разностной составляющей к напряжению любой из основных составляющих выходного сигнала будет представлять собой коэффициент разностных искажений, выражаемый обычно в процентах.

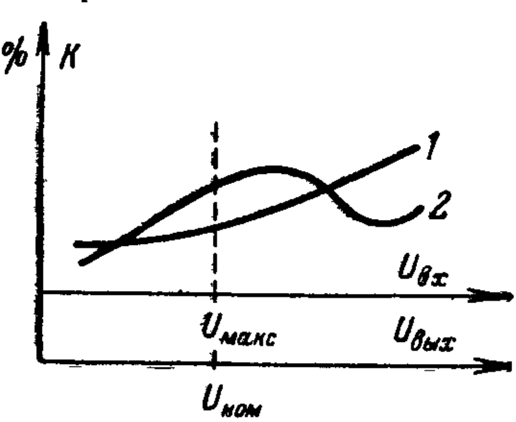


Рис. 22. График зависимости коэффициента гармоник усилителя воспроизведения от входного и выходного напряжения

1 — компенсация искажений отсутствует; *2* — при компенсации

Разностные тона второго порядка $2f_2-f_1$ и $2f_1-f_2$ в усилителе воспроизведения обычно намного слабее, чем разностный тон первого порядка f_2-f_1, и поэтому они могут не измеряться.

Так как расчет малых нелинейных искажений в усилителе практически невозможен, нелинейность определяется только экспериментально. При этом важно проверить, что смена ламп (или транзисторов) на нелинейность усилителя влияет незначительно. Просто многократным измерением коэффициента гармоник усилителя с несколькими комплектами ламп такую проверку не всегда удается провести достаточно полно, так как в распоряжении экспериментатора могут случайно находиться партии примерно одинаковых ламп. Поэтому применяют другую методику испытаний, основанную на том,

что влияние смены ламп обычно невелико, если нелинейности отдельных каскадов усилителя не компенсируют друг друга. О компенсации можно судить по результатам измерения коэффициента гармоник или коэффициента разностного тона не только при максимальном напряжении на входе и номинальном на выходе усилителя, но и при половинных, полуторных и двойных напряжениях Если нелинейность монотонно возрастает с увеличением напряжений, то можно предполагать отсутствие компенсации. Если такой закономерности не наблюдается (рис. 22), то это является признаком компенсации.

13. ИЗМЕРЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПОМЕХ УСИЛИТЕЛЯ

Как и в любом усилителе, в усилителе воспроизведения существуют собственные помехи, которые можно разделить на периодические и хаотические. Периодические помехи в усилителе представляют собой фон переменного тока, возникающий из-за пульсации напряжений питания. Хаотические помехи — это различного рода шумы (резисторов, транзисторов, электронных ламп).

Собственные помехи усилителя оценивают их относительным уровнем, под которым понимают выраженное в децибелах отношение напряжения помех к напряжению полезного сигнала, измеренное на выходе усилителя. Для измерения помех на вход усилителя при помощи одной из схем, изображенных на рис. 18, подают от звукового генератора сигнал 400 *гц*. Напряжение генератора устанавливают таким же, как и при измерении коэффициента гармоник, т. е э. д. с, вводимая в цепь воспроизводящей головки, должна равняться ее э. д. с. при воспроизведении записи максимального уровня в измерительной ленте.

Установив регулятором усиления номинальное выходное напряжение усилителя, отключают оба провода от звукового генератора и замыкают их накоротко. Остающееся на выходе усилителя напряжение будет напряжением помех Необходимо убедиться, что эти помехи получаются не в результате наводок от каких-либо близко расположенных электроустройств на схему подачи входного напряжения, особенно на магнитную головку. Для проверки следует изменить расположение пермаллоевого экрана, внутри которого находится головка с подсоединенными к ней деталями. Если напряжение помех при этом не изменяется или изменяется незначительно, то можно считать, что наводок на входную схему нет.

При обнаружении наводок надо или удалить их источники от усилителя, или улучшить экранировку самой схемы. Измерять напряжение помех при разомкнутом или короткозамкнутом входе усилителя нельзя, так как это может привести к значительным ошибкам. В усилителях воспроизведения, питаемых от сети переменного тока, при измерении помех меняют местами провода, идущие к сети, и регистрируют наибольшее напряжение помех.

Для правильного определения эффективного напряжения помех необходим квадратичный вольтметр. Однако ошибка будет невелика, если использовать электронный вольтметр средних значений, которым можно измерять и полезный сигнал, и помехи. Подходящим может быть, например, вольтметр МВЛ-2а. Кроме того, можно непосредственно в децибелах измерять относительный уровень помех при помощи измерителей нелинейных искажений ИНИ-6, ИНИ-10 и др.

Так как человеческий слух неодинаково чувствителен к звукам с различной частотой колебаний, в том числе и к отдельным составляющим помех, относительный уровень помех еще не позволяет определить, как они будут ощущаться на слух. Чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективной оценке помех, при измерениях последних перед вольтметром включают фильтр с частотной характеристикой, подобной характеристике слуха (рис. 23). Измерения будут еще точнее, если вольтметр средних значений заменить вольтметром пиковых значений. Такое объединение пикового вольтметра с «фильтром слуха» осуществлено, например, в приборе Rel 3U 311/313 фирмы Siemens und Halske (ФРГ). Определяемый с его помощью или с помощью аналогичных приборов относительный уровень помехи называют относительным уровнем псофометрического шума.

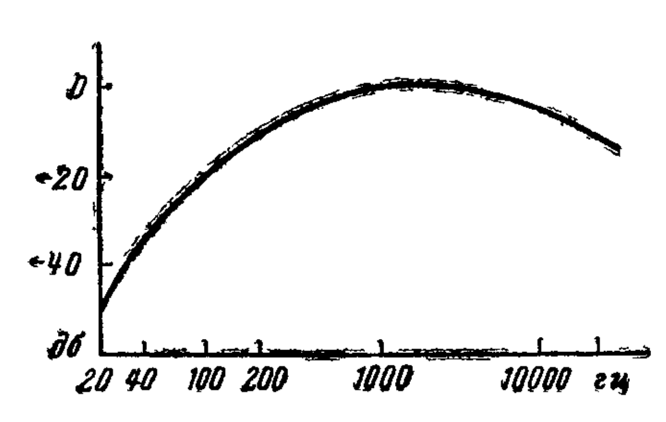


Рис. 23. Частотная характеристика «фильтра слуха»

К сожалению, до сих пор еще не установлены нормы на псофометрический шум, и поэтому его измеряют лишь для того, чтобы сравнить между собой различные усилители или различные режимы работы одного усилителя.

Подобные измерения очень полезно проводить при разработке усилителя для нахождения оптимальных условий работы его входного каскада, выбора магнитной головки и т. п.

Если нет прибора для измерения псофометрического шума, некоторое представление о слышимости помех можно получить, измерив напряжение помех вольтметром МВЛ-2а или аналогичным ему прибором, включенным через фильтр, равномерно пропускающий сигналы от 200 *гц* и выше и отделяющий поэтому шум от фона.

Измерять помехи и шумы усилителя надо при минимальном и максимальном напряжении электропитания, так как некоторые их составляющие могут возрастать в том и другом случае.

14. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ УСИЛИТЕЛЯ

Цель этого испытания состоит в том, чтобы проверить устойчивость усилителя против самовозбуждения. В качестве индикатора самовозбужденя на выход усилителя включают электронный осциллоскоп. Заменить его головными телефонами или громкоговорителем нельзя, так как самовозбуждение может произойти и не на звуковой частоте. Регуляторы усиления и коррекции устанавливают в положения максимального усиления *. Проверку проводят при макси-

* Если усилитель имеет оконечную часть с мощным выходом (ее испытание не рассматривалось), то при проверке устойчивости следует аналогично поступить и с регуляторами, входящими в оконечную часть.

мальном напряжении электропитания и при отключенной выходной нагрузке. Вход усилителя соединяют с головкой воспроизведения (может использоваться одна из схем, приведенных на рис. 18). После проверки устойчивости усилителя без сигнала надо проверить его дополнительно на отсутствие самовозбуждения во время и после действия сигнала, для чего достаточно подать на вход усилителя кратковременный импульс от звукового генератора. Устойчивость усилителя полезно проверять с несколькими комплектами электронных ламп.

Если в усилителе применена отрицательная обратная связь, то при подробном исследовании устойчивости необходимо измерить модуль и фазу вектора $\bar{k}\bar{\beta}$ и построить известную амплитудно-фазовую диаграмму, после чего оценить усилитель по критерию устойчивости Найквиста — Михайлова. Некоторые подробности этого измерения приведены в разделе 22.

15. ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УСИЛИТЕЛЯ

Подав на вход усилителя сигнал от звукового генератора через одну из рассмотренных ранее схем (рис. 18) и измерив выходное напряжение усилителя на нагрузочном резисторе сопротивлением $R_н$, подсоединяют параллельно ему второй резистор, подобрав его сопротивление R так, чтобы выходное напряжение уменьшилось на 10%, тогда активное выходное (внутреннее) сопротивление усилителя может быть подсчитано по формуле

$$R_i = \frac{R_н R}{9R_н - R}. \tag{15}$$

При трансформаторном выходе, на крайних частотах рабочего диапазона, внутреннее сопротивление из-за влияния индуктивности первичной обмотки и индуктивности рассеяния выходного трансформатора становится комплексным и его расчет по приведенной выше формуле дает лишь приблизительный результат.

ИСПЫТАНИЯ УСИЛИТЕЛЯ ЗАПИСИ

16. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЯ И СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

Усилителем записи магнитофона называют усилитель, нагруженный на записывающую головку, в котором осуществляются необходимые частотные предыскажения и смешение тока звуковой частоты (тока записи) с током высокой частоты (током подмагничивания).

Усилитель записи в зависимости от назначения магнитофона имеет различное устройство. В большинстве студийных и перевозимых магнитофонов профессионального типа он содержит не более двух каскадов усиления. Вход усилителя рассчитан на напряжение 0,5—6,0 *в*, т. е. позволяет работать только с линии или от отдельного микрофонного усилителя.

В репортерских магнитофонах и некоторых магнитофонах широкого применения (например, МАГ-8М.II) микрофонный усилитель

конструктивно и по схеме объединен с усилителем записи. Таким образом, при испытаниях их целесообразно рассматривать как один усилитель. Усилитель записи такого типа имеет обычно три входа: микрофонный, линейный и для включения звукоснимателя.

Схема подачи входного напряжения от звукового генератора при испытаниях усилителя записи изображена на рис. 24. В усилителях записи, имеющих несколько входов, входное напряжение подается в зависимости от характера испытания или на один микрофонный вход, или поочередно на все входы. Резистор R_i служит при измерениях эквивалентом внутреннего сопротивления того источника, который при работе магнитофона подключается в данному входу; это или внутреннее сопротивление микрофона, или волновое сопротивление линии (600 *ом*), или сопротивление звукоснимателя. Для звукоснима-

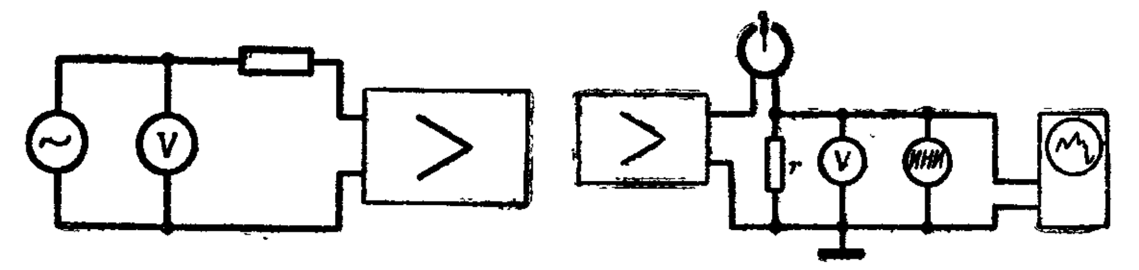


Рис. 24. Схема подачи входного напряжения при испытаниях усилителя записи

Рис. 25. Схема подключения измерительных приборов на выход испытуемого усилителя записи при определении характеристик усилителя по току

теля пьезоэлектрического типа резистор R_i заменяют конденсатором емкостью 1 000 *пф*. Выходное напряжение звукового генератора измеряют электронным вольтметром, напряжение генератора должно соответствовать э. д. с. источника низкой частоты, на подключение которого рассчитан данный вход.

Подсоединение измерительных приборов к выходу усилителя записи зависит от схемы его выходной цепи. Так как воздействие записывающей головки на магнитную ленту при условии, что частотные потери в головке невелики, пропорционально току записи, то наиболее правильно все характеристики усилителя определять как характеристики тока записи. Для этого последовательно с головкой в ее заземленный провод включают измерительный резистор (рис. 25), напряжение на котором пропорционально току записи, и параллельно этому резистору подключают измерительные приборы. Сопротивление измерительного резистора должно быть намного меньше общего сопротивления выходной цепи усилителя.

При испытании усилителя, рассчитанного на низкоомную записывающую головку (т. е. головку с индуктивностью не более 15 *мгн*), напряжение на измерительном резисторе оказывается недостаточным для большинства приборов, измеряющих собственные помехи и нелинейные искажения усилителя. Приходится или включать дополнительный усилитель, или определять собственные помехи и нелинейные искажения по выходному напряжению усилителя. Место подключения прибора к усилителю должно в этом случае выбираться так, чтобы подаваемое на измеритель помех или измеритель нелинейных искажений напряжение было по возможности одинаково

пропорционально току записи во всем рабочем диапазоне частот. На рис. 26 приведены примеры такого подключения.

Так как выходная цепь усилителя записи соединена с высокочастотным генератором магнитофона, то для устранения высокочастотных помех измерительным прибором генератор при большинстве измерений выключают, снимая с него анодное питание. При общем выпрямителе генератора и усилителя записи это может резко изменить анодное питание усилителя, поэтому вместо отключенного генератора надо включить резистор с эквивалентным сопротивлением.

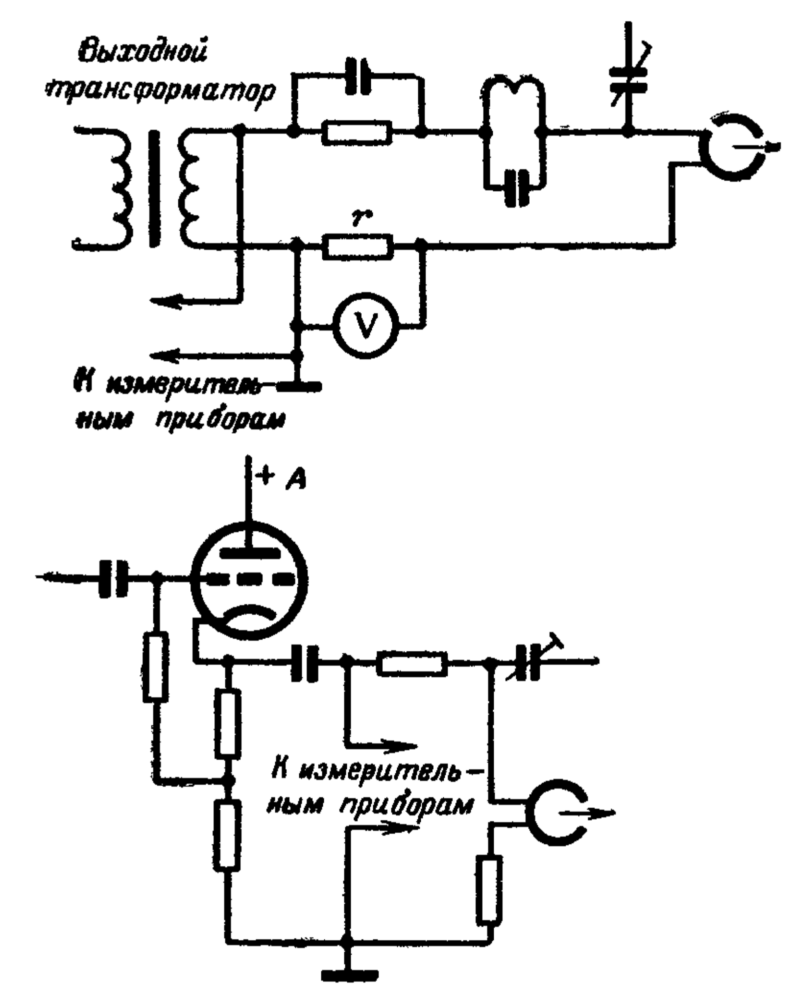


Рис. 26. Схемы подключения измерительных приборов на выход испытуемого усилителя записи при определении характеристик усилителя по напряжению

17. ИЗМЕРЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УСИЛИТЕЛЯ

Под чувствительностью усилителя записи понимают минимальную входную э. д. с., при которой ток в головке записи достаточен для максимальной намагниченности ленты, т. е. еще обеспечивается максимальный уровень записи. Чувствительность определяется только на средней частоте и для каждого из входов усилителя отдельно. Регулятор усиления при измерениях устанавливают в положение минимального затухания. На выход усилителя включают головку записи, аналогичную той, которая применена в данном магнитофоне. Последовательно с головкой соединяют измерительный резистор сопротивлением 10—20 *ом* для низкоомной головки и 1 000—2 000 *ом* для высокоомной. Падение напряжения на резисторе измеряется электронным вольтметром, а форма напряжения контролируется по осциллоскопу. Разделив падение напряжения на сопротивление резистора, нетрудно определить ток в головке. Подавая на вход усилителя сигнал 400 *гц* (рис. 24) и постепенно увеличивая напряжение звукового генератора, замечают его величину, при которой ток в головке достигнет значения, необходимого для записи с максимальным уровнем. Это значение определяют предварительно при испытаниях головки. Найденное напряжение звукового генератора является чувствительностью усилителя записи. Напряжение электропитания усилителя при данном измерении устанавливают минимальным.

18. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ

Схема измерений остается такой же, как и при измерении чувствительности усилителя. Регулятор усиления находится по-прежнему в положении минимального затухания. Напряжение звукового генератора устанавливают таким, чтобы на частоте 400 *гц* ток в записывающей головке был в 10—15 раз меньше тока, соответствующего максимальному уровню записи. Поддерживая неизменным напряжение звукового генератора и изменяя частоту его колебаний, снимают частотную характеристику усилителя записи как зависимость тока записи от частоты. Если усилитель записи имеет несколько входов, то измерения проводят с тех входов, для которых, судя по схеме, можно ожидать различных частотных характеристик усилителя. Когда входы образованы резистивным делителем напряжения, достаточно снять частотную характеристику усилителя только для одного входа.

В усилителе записи многоскоростного магнитофона частотная характеристика измеряется поочередно для всех скоростей.

Частотная характеристика усилителя записи обладает подъемом на высоких частотах, поэтому при измерениях необходимо следить по осциллоскопу за отсутствием искажений формы тока записи, а если они обнаружатся, то надо повторить снятие характеристики при меньшем напряжении звукового генератора. Частотную характеристику полезно снимать не только в рабочем диапазоне частот, но и за его пределами. В ряде случаев это позволяет обнаружить нежелательные явления, например подъем на частотах, меньших 30 *гц*, делает усилитель малоустойчивым к вибрациям, а подъем, продолжающийся далеко за верхней границей рабочего диапазона, опасен с точки зрения устойчивости усилителя.

Иногда в усилителе записи бывает предусмотрен оперативный регулятор частотной характеристики. Особенно часто он встречается в магнитофонах для репортажа, где в зависимости от характера и условий записи можно, например, «заваливать» частотную характеристику усилителя на низких частотах для повышения разборчивости речи, записываемой в гулком и шумном помещении, или вводить так называемый «фильтр присутствия», позволяющий лучше различать голоса собеседников. Такие преднамеренные изменения формы ча-

стотной характеристики усилителя записи оцениваются при его испытаниях путем снятия характеристик во всех положениях оперативных регуляторов. В усилителе многоскоростного магнитофона это делается только для одной из скоростей, обычно для самой высокой, где рабочий диапазон частот наиболее широк, а при наличии в усилителе нескольких входов только для одного из них.

При подробных испытаниях усилителя записи, кроме того, проверяют влияние входной э. д. с. на частотную характеристику усилителя. Для этого частотную характеристику, измеренную с одного из входов усилителя и для одной из скоростей ленты, снимают повторно при напряжении звукового генератора, увеличенном в 10 раз. Прежний ток записи на частоте 400 *гц* восстанавливают при помощи регулятора усиления.

Если в усилителе есть плавный регулятор подъема характеристики на высоких частотах, то каждое из измерений проводят для двух положений регулятора, соответствующих минимальному и максимальному подъему.

Влияние напряжения электропитания усилителя на его частотную характеристику обычно незначительно, поэтому данные измерения проводят при номинальном напряжении.

19. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ УСИЛИТЕЛЯ

Как и всегда, при измерении нелинейных искажений следует первоначально убедиться в том, что искажения формы сигнала, получаемого от звукового генератора, достаточно малы по сравнению с ожидаемыми в усилителе. Для этого к генератору подключают прибор, который будет применяться в качестве измерителя искажений (ИНИ-6, ИНИ-10 и др.), и определяют коэффициенты гармоник генератора на средней (400 *гц*) и низкой (60 или 100 *гц*) частотах рабочего диапазона. Напряжение на выходе генератора устанавливают равным заданному максимальному значению э. д. с. на входе испытуемого усилителя. Следует учитывать возможность влияния на результаты измерений фона переменного тока в генераторе, что уже рассматривалось в § 12.

После проверки генератор подключают ко входу испытуемого усилителя по схеме, приведенной на рис. 24. При нескольких входах измерения проводят с того входа, при котором работает наибольшее количество каскадов усиления и используется наибольшее количество деталей и узлов, могущих вызвать нелинейные искажения. При выборе входа усилителя надо учитывать также величины э. д. с., действующих на каждом из входов, и возможность возникновения перегрузки по входу, т. е. должны назначаться к испытанию самые опасные с точки зрения нелинейных искажений условия работы усилителя. На выход усилителя подключают головку записи, измерительный резистор с вольтметром для определения тока записи, измеритель нелинейных искажений и осциллоскоп. Используется одна из двух схем включения приборов, рассмотренных ранее (рис. 25 и 26).

Первоначально определяют коэффициент гармоник усилителя на частоте 400 *гц*. Напряжение генератора устанавливают равным чувствительности усилителя для данного входа, ток записи — равным току, обеспечивающему максимальный уровень записи, после чего проводят измерение. Далее напряжение генератора увеличивают до величины, равной максимальной э. д. с. для данного входа, а регулятором усиления в усилителе устанавливают ток записи, вдвое больший, чем в первом случае. В этом режиме перегрузки вновь измеряют коэффициент гармоник. Если схема усилителя дает основания предполагать возрастание нелинейных искажений по мере понижения частоты сигнала, то аналогичные измерения проводят, кроме того, на частоте 60 или 100 *гц*.

Определять нелинейные искажения на высоких звуковых частотах в большинстве усилителей записи нет необходимости, так как в диапазоне до 3—4 *кгц* частотная характеристика усилителя почти равномерна и его нелинейность вполне характеризуется коэффициентом гармоник на средних частотах и на более высоких частотах, где начинается подъем характеристики, амплитуда входных сигналов относительно мала.

Как и при испытании усилителя воспроизведения, полезно убедиться в отсутствии компенсации нелинейных искажений, возникающих в отдельных каскадах усилителя записи, путем исследования усилителя при различных напряжениях на входе и выходе. Специфическое испытание усилителя записи — определение воздействия на него высокочастотных колебаний генератора магнитофона. В большинстве магнитофонов этот генератор конструктивно объединен с усилителем записи. При неудачном монтаже и особенно при катодной схеме выхода усилителя высокочастотные колебания, проникающие в каскады усиления, часто бывают столь велики по амплитуде, что вызывают появление сеточных токов и изменяют режим работы усилителя.

Это нежелательное воздействие генератора на усилитель можно легко обнаружить путем определения изменения коэффициента гармоник последнего при включении генератора. Такое испытание лучше всего проводить в режиме перегрузки усилителя, т. е. при максимальной входной э. д. с. и двойном токе записи. Измерив коэффициент гармоник при выключенном анодном питании генератора, когда он заменен эквивалентным резистором, повторяют измерение, выключив эквивалент и включив генератор. По показаниям вольтметра, включенного параллельно измерительному резистору, надо убедиться, что ток подмагничивания при этом измерении установлен правильно. Надо также проверить, не влияет ли высокая частота на измерение нелинейных искажений. Для этого выключают на некоторое время звуковой генератор; при отсутствии помех измеритель нелинейных искажений не должен показывать искажений. Если помехи обнаружены, то на вход измерителя включают *LC*-фильтр, после чего повторяют проверку.

Все измерения коэффициента гармоник усилителя записи производят при минимальном напряжении электропитания.

20. ИЗМЕРЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПОМЕХ УСИЛИТЕЛЯ

Собственные помехи в усилителе записи, предназначенном для работы от линии и имеющем поэтому небольшое усиление, состоят главным образом из фона переменного тока. Шум заметно обнаруживается лишь в усилителях записи с большой чувствительностью, рассчитанных на работу от микрофона. В таких усилителях целесообразно измерять как относительный уровень помех, так и относительный уровень псофометрических шумов. Отсчет помех и шумов

ведется относительно напряжения полезного сигнала на выходе усилителя, соответствующего максимальному уровню записи.

Во время измерений на вход усилителя записи (при нескольких входах иа самый чувствительный вход) подают напряжеиие от звукового генератора (рис. 24). Устанавливают частоту 400 *гц* и напряжение на геиераторе, равное чувствительности усилителя для данного входа. Схема включения измерительных приборов на выход усилителя та же, что и при измерении нелинейных искажений.

Установив регулятор усиления иа максимум, убеждаются, что ток через головку на выходе усилителя равен току максимального уровня записи. Замечают по вольтметру выходное напряжеиие U_c или калибруют прибор типа ИНИ Далее оба провода, идущие к звуковому генератору, отключают от него, замыкают накоротко и определяют или непосредствениоотносительный уровень помехи по прибору типа ИНИ, или напряжение помехи $U_п$ по вольтметру. Во втором случае относительиый уровень помехи подсчитывают как $20 \lg U_п / U_c$. Измерения проводят при минимальном и максимальном напряжениях питания усилителя и при обеих комбинациях подключения сетевых проводов к сети для усилителей, питающихся от переменного тока.

Если по результатам измерений предполагается сопоставлять собствеиные помехи в усилителе записи с помехами, возникающими на других участках каиала записи — воспроизведения магнитофона, то надо учитывать влияние формы частотной характеристики усилителя записи. Эта характеристика имеет подъем иа высоких частотах, что, конечно, увеличивает напряжение помех на выходе усилителя. В то же время последующие процессы записи и воспроизведения устраняют влияние этого подъема и дают иа выходе магнитофона равномерную частотную характеристику. Поэтому если оценивать собственные помехи усилителя записи по тому, как они сказываются на выходе магнитофоиа, то действие подъема частотной характеристики должно быть исключено. Для этого при измерении собственных помех усилителя записи надо перед вольтметром или прибором типа ИНИ включать фильтр, частотная характеристика которого обратна по форме частотной характеристике усилителя. Если подъем частотной характеристики в усилителе регулируется, то вместо применения фильтра можно на время измерения помех установить регулятором характеристику, иаиболее близкую к равномерной.

21. ИЗМЕРЕНИЕ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УСИЛИТЕЛЯ

В усилителях записи с несимметричным входом нет необходимости измерять входное сопротивление, так как оно может быть легко определено как сопротивление соответствующих резисторов во входной цепи. Измерение проводят только для симметричных трансформаторных входов и главным образом не для микрофонных, а для линейных.

Измерение проводят способом вариации сопротивления Для этого к исследуемому входу усилителя через реостат подключают звуковой генератор (рис. 27). Постепенно увеличивают сопротивление реостата R до тех пор, пока падение напряжения на нем не станет равным входному напряжению усилителя (оба напряжения следует измерять высокоомным электронным вольтметром с симметричным

входом). Это происходит при $R = Z_{вх}$. Отключив реостат и измерив его сопротивление, находят входное сопротивление усилителя.

Следует учесть, что сопротивление трансформаторного входа зависит от напряжения на нем. Так как обычно интересует минимальное значение сопротивления, то в ламповых усилителях его измеряют при минимальном, а в транзисторных при максимальном входном напряжении. Входное сопротивление усилителя измеряют не только на средней, но и на крайиих частотах рабочего диапазона. В качестве резистора R может быть использован любой малогабаритный реостат (потенциометр), защищенный экраном от наводок. Об уровне наводок можно судить, наблюдая выходное напряжение усилителя на осциллоскопе. Так как полностью избавиться от иаводок на резистор R ие удается, то для повышеиия точности следует применять селективный вольтметр, настроеный на частоту колебаний звукового генератора.

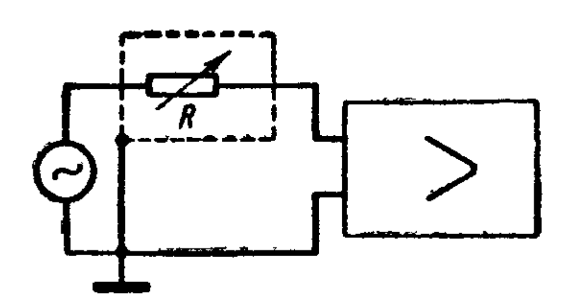


Рис 27. Схема измерения входного сопротивления усилителя записи

Для линейного трансформаторного входа усилителя важной характеристикой, кроме входного сопротивления, служит также несимметрия входа относительно земли. Показателем несимметрии является относительная разность емкостей, измереиных между каждым из входных контактов и лииией нулевого потенциала («землей») в усилителе. Эти емкости измеряют мостовым прибором, принимая меры для уменьшения собственной емкости соединительных проводов. Если емкость одного из входных зажимов усилителя равна C_1, а второго C_2, то несимметрию определяют по формуле

$$p = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} 100\%. \quad (16)$$

22. ИСПЫТАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Усилитель записи иа устойчивость испытывают тем же способом, что и усилитель воспроизведения. В тех усилителях, где подъем характеристики на высоких частотах осуществляется благодаря действию частотно-зависимой отрицательной обратной связи, весьма желательно измерение амплитудно-фазовой характеристики и построение вектора $\bar{k}\bar{\beta}$ (рис. 28). Для этого выход цепи отрицательной обратной связи временно отключают от усилителя и нагружают так же, как в усилителе. Подавая по схеме, изображенной на рис 24, напряжение на вход усилителя, измеряют электронным вольтметром выходное напряжение U_β цепи обратной связи на различных частотах в пределах, более широких, чем рабочий диапазон усилителя. Одновременно по

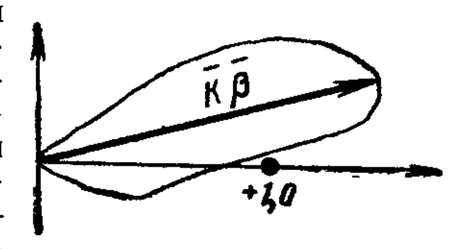


Рис. 28. Диаграмма устойчивости усилителя

фигурам Лиссажу на экране осциллоскопа измеряют сдвиг фаз между напряжением звукового генератора U и напряжением U_β. Подсчитав для каждой частоты модуль вектора $\bar{k}\bar{\beta}$, равный отношению U_β/U, и его фазовый угол, строят диаграмму устойчивости. Если точка $+1{,}0$ не находится внутри контура, описываемого концом вектора $\bar{k}\bar{\beta}$, то усилитель устойчив.

В остальном здесь можно повторить все рассмотренное в разделе 14.

ИСПЫТАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ

23. ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ

Усилители данного типа встречаются главным образом в магнитофонах широкого применения. Как следует из названия, универсальный усилитель в зависимости от режима работы магнитофона используется то как усилитель записи, то как усилитель воспроизведения, поэтому и испытывать его необходимо также дважды, пользуясь изложенной в предыдущих разделах методикой испытаний для усилителей записи и воспроизведения.

Особое внимание необходимо уделить работе коммутационных цепей, при помощи которых усилитель переключают на запись или на воспроизведение. Если такое переключение осуществляется не с помощью реле, то усилитель надо испытывать с точно такими же коммутационными цепями, с какими он будет работать в магнитофоне, так как их расположение, собственная емкость и сопротивление контактов имеют большое значение и могут сильно изменять характеристики усилителя. Надо также обратить внимание на отсутствие самовозбуждения усилителя в момент переключения его с записи на воспроизведение и обратно. Такое самовозбуждение, например, возможно при нечеткой работе контактной системы, когда вход усилителя остается некоторое время разомкнутым.

Обнаружить самовозбуждение удобнее всего по осциллоскопу, включенному на выход усилителя.

Второе, что необходимо при испытаниях, это прослушать через оконечный усилитель и громкоговоритель магнитофона щелчки, возникающие при переключении усилителя с одного режима работы на другой. Естественно, что эти щелчки не должны быть настолько сильны, чтобы раздражать слушателя.

Коммутационные цепи в универсальном усилителе иногда значительно понижают его устойчивость, так как через них создаются дополнительные паразитные обратные связи. Поэтому надо очень тщательно (особенно при разработке) проверять устойчивость работы универсального усилителя при самых неблагоприятных сочетаниях различных факторов.

ИСПЫТАНИЯ ИНДИКАТОРА УРОВНЯ ЗАПИСИ

24. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

В состав магнитофона профессионального назначения индикатор уровня записи входит как отдельный по схеме, а иногда и по конструкции блок. Уровень записи измеряют в таком магнитофоне на выходе усилителя воспроизведения; кроме того, для предварительной оценки уровня до начала записи индикатор может быть переключен на вход усилителя записи.

В магнитофонах широкого применения индикатор непосредственно входит в состав универсального усилителя или реже в состав усилителя воспроизведения и оконечного усилителя.

Индикаторы первого типа испытывают как отдельные блоки подобно другим блокам, входящим в состав магнитофона. Индикаторы второго типа испытываются совместно с теми усилителями, в состав которых они входят. Их испытание представляет, таким образом, завершающий этап испытания соответствующего усилителя.

В начале мы рассмотрим испытания индикаторов первого типа.

25. ИЗМЕРЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

В качестве индикаторов первого типа применяют стрелочные индикаторы, состоящие в основном из полупроводникового выпрямителя и микроамперметра. Часто индикаторы имеют недостаточно высокое входное сопротивление, поэтому при измерении чувствительности их надо подключать к звуковому генератору с небольшим (до 600 *ом*) внутренним сопротивлением. Будем предполагать, что в индикаторе первого типа постоянная составляющая выпрямленного тока замыкается внутри схемы индикатора и не зависит от положения регулятора чувствительности. В противном случае параметры индикатора не будут постоянными, что затрудняет его использование и делает испытания неопределенными.

Чувствительность измеряют на частоте 400 *гц*. Если в индикаторе имеется регулятор чувствительности, то его устанавливают в положение максимальной чувствительности. Постепенно увеличивая напряжение на входе индикатора, добиваются отклонения его стрелки до условного деления, соответствующего максимальному уровню записи. Измерив электронным вольтметром напряжение на входе индикатора, определяют его чувствительность.

Для правильной оценки уровня записи необходимо, чтобы чувствительность индикатора незначительно изменялась в рабочем диапазоне частот и мало зависела от напряжения электропитания индикатора. Поэтому, кроме измерения чувствительности на средней частоте, ее определяют еще и в рабочем диапазоне частот и для крайних значений напряжения электропитания. Если минимальная измеренная чувствительность соответствует напряжению $U_{макс}$, а максимальная — напряжению $U_{мин}$, то неточность индикатора уровня записи, выраженная в децибелах, будет равна:

$$\pm 20\lg \frac{U_{макс} - U_{мин}}{U_{макс} + U_{мин}}. \qquad (17)$$

26. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНТЕГРАЦИИ

Если напряжение от звукового генератора, равное чувствительности индикатора, подключить к нему на очень короткое время, например на 5—10 *мсек*, то стрелка индикатора не дойдет до отметки максимального уровня, как говорят, индикатор не успел сработать.

Временем интеграции индикатора τ называют минимальную длительность одиночного импульса напряжения звуковой частоты, приложенного к его входу, при которой достигается показание индикатора, достаточно близкое к его показанию при длительном воздействии данного напряжения. Под понятием «достаточно близкое» для стрелочных индикаторов обычно понимают 80 или 90%.

В зависимости от величины τ различают индикаторы пиковых значений ($\tau=10$ *мсек*) и средних значений ($\tau=200$ *мсек*). В отечественной практике широкое применение нашел также индикатор уровня РИ-58, имеющий промежуточное значение $\tau \approx \approx 60$ *мсек*.

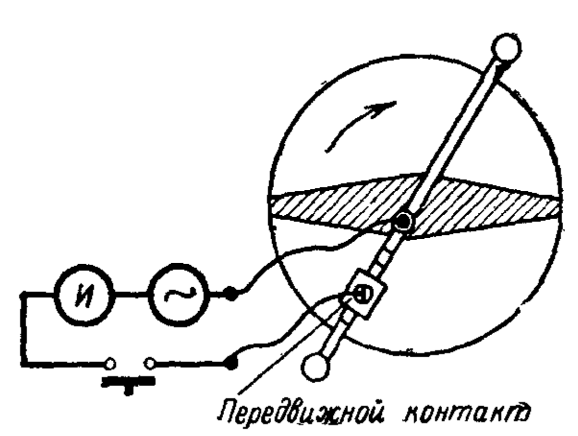


Рис. 29. Механический прерыватель для испытания индикатора уровня записи

Для измерения времени интеграции необходим датчик импульсов. Его можно изготовить в виде механического прерывателя, включаемого на время одного замыкания между звуковым генератором и индикатором уровня, или как чисто электронное устройство, вырабатывающее посылку переменного напряжения заданной длительности *.

На рис. 29 показано устройство механического прерывателя. Диск прерывателя вращается со скоростью в пределах от 50 до 80 *об/мин*. Для привода может быть использован механизм от проигрывателя. Контактная система прерывателя состоит из металлического сектора, укрепленного на диске, и скользящих по нему двух контактов, один из которых можно установить на разных расстояниях от центра вращения. Чем ближе расположен передвижной контакт к центру, тем длительнее замыкание. Последовательно с прерывателем включена кнопка, которую нажимают при измерениях на время одного оборота диска так, чтобы на индикатор поступал только один импульс напряжения. Прерыватель предварительно градуируют, нанося на диск на разных расстояниях от центра риски с указанием длительности замыкания. Для градуировки сигнал известной частоты посылают через прерыватель на электронный осциллоскоп с послесвечением и, сосчитав на экране количество периодов колебания в одном импульсе, определяют длительность последнего.

Время интеграции индикатора измеряется на частоте 400 *гц*. Установив вручную металлический сектор прерывателя против контактов, регулируют входное напряжение так, чтобы индикатор показал максимальный уровень записи. Затем включают двигатель, вращающий диск прерывателя. Последовательно увеличивая длительность импульсов напряжения, подаваемого на индикатор, следят за его показаниями и определяют время интеграции.

---

* Подобное устройство типа ДИ-2, разработанное заводом Ленкинап описано в книге В. В Раковского «Измерения в аппаратуре записи звука кинофильмов», Искусство, 1962.

Необходимые для измерения импульсы сигналов звуковой частоты можно записать на магнитную ленту и в дальнейшем пользоваться их воспроизведением через магнитофон вместо датчика. Записывать импульсы надо в порядке последовательного увеличения их длительности, например 10, 20, 40, 60, 100, 150, 200, 250, 300 *мсек*, по 2 или 3 импульса каждой длительности с паузами между импульсами 3—4 *сек*. Вначале для настройки индикатора записывают длительный тон с той же амплитудой, что и у импульсов. Из-за неоднородности магнитной ленты записанные импульсы могут иногда значительно отличаться друг от друга по амплитуде. Это вызывает ошибку при измерениях, поэтому после записи надо проверить воспроизводимые импульсы при помощи электронного осциллоскопа с послесвечением, и если разброс импульсов по амплитуде превышает ±10%, то запись надо повторить на другой ленте. Записывать импульсы нужно с повышенным током подмагничивания и при увеличенном натяжении ленты, тогда разброс по амплитуде получится меньше.

27. ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАТНОГО ХОДА

При отключении напряжения от входа индикатора уровня записи его показания спадают до нуля не сразу, а в течение некоторого времени, называемого временем обратного хода. В стрелочных индикаторах время обратного хода определяют по спаданию показаний не до нуля, а до 35% полной длины шкалы. Время обратного хода нормируется не столь уж точно (1,5—2 *сек*), поэтому его можно измерять механическим секундомером в процессе наблюдения за показаниями индикатора.

28. ИЗМЕРЕНИЕ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Схема измерений приведена на рис. 30. При $R=0$ на индикатор подают от звукового генератора напряжение, равное его чувствительности. Напряжение измеряют вольтметром. Затем это напряжение удваивают, а сопротивление резистора R увеличивают настолько, чтобы показание индикатора было прежним. При этом условии

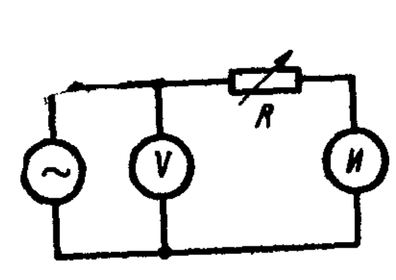


Рис. 30. Схема измерения входного сопротивления индикатора уровня записи

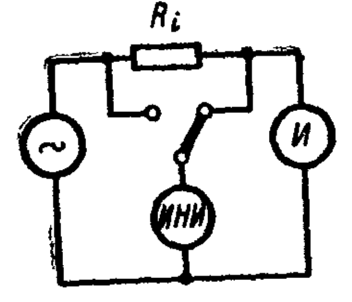


Рис. 31 Схема измерений для определения нелинейности входа индикатора уровня записи

входное сопротивление индикатора, обычно активное, равно R. Сопротивление R измеряют любым способом или отсчитывают непосредственно, когда в качестве резистора применен магазин сопротивлений.

Если измерять входное сопротивление при различных напряжениях на входе индикатора, то можно обнаружить его непостоянство, т. е. нелинейность входного сопротивления. При подключении индикатора к усилителю воспроизведения эта нелинейность может увеличить коэффициент гармоник усилителя, а при подключении к усилителю записи — увеличить нелинейные искажения сигнала, записываемого на ленту. Чтобы определить, насколько допустима нелинейность входа индикатора, применяют схему измерения, изображенную на рис. 31. В ней R_i — сопротивление, эквивалентное сопротивлению переменному току между теми точками схемы магнитофона, к которым подключается индикатор. Первоначально, прибором типа ИНИ измеряют коэффициент гармоник непосредственно на выходе звукового генератора, а затем на входе индикатора уровня. Сравнивая результаты измерений, можно судить о том, какие искажения создаются благодаря включению индикатора. Конечно, для их обнаружения и измерения надо, чтобы коэффициент гармоник на выходе генератора был не более 0,2—0,3% При данных измерениях стрелка индикатора должна отклоняться на всю шкалу, тогда нелинейность входа максимальна.

29. ПРОВЕРКА ГРАДУИРОВКИ

Индикаторы уровня записи первого типа имеют обычно градуировку в децибелах. За 0 *дб* принимают максимальный уровень записи Чтобы проверить градуировку такого индикатора, удобнее всего пользоваться звуковым генератором, в котором имеется аттенюатор, проградуированный в децибелах.

Подав от генератора к индикатору напряжение и отрегулировав его так, чтобы индикатор показывал 0 *дб*, увеличивают постепенно затухание в аттенюаторе, сравнивая показания индикатора с введенным затуханием. Внутреннее сопротивление звукового генератора должно быть установлено при этом испытании возможно меньшим. Если используется генератор, не имеющий аттенюатора, то градуировку индикатора проверяют при помощи достаточно точного электронного вольтметра.

30. ИСПЫТАНИЕ ИНДИКАТОРА, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ УСИЛИТЕЛЬНОГО БЛОКА

Наиболее часто индикаторы уровня записи второго типа бывают соединены по схеме и конструкции с универсальным усилителями. Такое объединение существует почти во всех магнитофонах широкого применения. Как правило, в качестве индикаторов второго типа применяют электронно-оптические индикаторы настройки радиоприемника с соответствующим выпрямителем. Их время интеграции $\tau=200$—300 *мсек.*

Испытание индикаторов второго типа имеет некоторые специфические особенности. Испытываются индикаторы не отдельно, а вместе с усилителем, после того как последний полностью проверен. Так как

уровень записи контролируют только в процессе записи, то универсальный усилитель при испытании индикатора включается как усилитель записи. Испытания проводят в следующей последовательности.

1. Вместо измерения чувствительности индикатора определяют соответствие его показаний току записи. Используя ту же схему измерений, что и для определения чувствительности усилителя записи (раздел 17), при частоте сигнала 400 *гц* подбирают такое напряжение звукового генератора, чтобы индикатор показал максимальный уровень записи, после чего измеряют ток записи. Отличие этого тока от тока записи, обеспечивающего (на основании технических данных магнитной головки) максимальный уровень записи, представляет собой ошибку измерения уровня. Обычно ее выражают в децибелах, причем знак плюс соответствует тому, что индикатор допускает при записи перемодуляцию, а минус — недомодуляцию. Если в схеме имеется регулятор чувствительности индикатора, то с его помощью обнаруженная ошибка измерения уровня устраняется.

Ошибка измерения уровня определяется, кроме того, тем же методом при максимальном и минимальном напряжении электропитания и на ряде частот рабочего диапазона.

2. Измеряют временные характеристики индикатора — время интеграции и время возврата. Методика их измерений была описана в разделах 26 и 27. Отличие состоит лишь в том, что импульсы напряжения звуковой частоты подают не на вход индикатора, а на один из входов универсального усилителя, желательно на вход с меньшей чувствительностью, чтобы не так сказывались наводки на механический прерыватель. Величину этих наводок следует тщательно проверить, обследовав при помощи осциллоскопа выходное напряжение усилителя. Если индикатор по схеме не отключается от универсального усилителя при воспроизведении, то временные характеристики удобно проверять при помощи ленты с записью импульсов, о чем упоминалось ранее. Для этого универсальный усилитель включают как усилитель воспроизведения, а с его входом соединяют головку воспроизведения, установленную на лентопротяжном механизме.

3. Так как в универсальном усилителе индикатор представляет собой неотъемлемую часть схемы, то нет необходимости измерять его входное сопротивление и свойственную ему нелинейность (эти параметры автоматически учитываются при испытании усилителя). Лишь в процессе разработки и при поисках повреждений может возникнуть необходимость таких испытаний. Тогда индикатор на время отсоединяют от усилителя и испытывают его по методике, изложенной в разделе 28.

ИСПЫТАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

31. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ И СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

Большинство современных магнитофонов имеет один общий генератор высокой частоты для стирания и подмагничивания. Генератор может быть отдельным блоком магнитофона, а может входить в состав усилителя записи или универсального усилителя. Методика испытания от этого не изменяется, только в случае испытания генератора как отдельного блока необходимо подключать к нему цепь,

эквивалентную усилителю записи, с которым генератор работает в магнитофоне.

При испытаниях генератор нагружают на магнитные головки стирания и записи с номинальными значениями индуктивности и с сопротивлениями потерь, установленными для головок данного магнитофона.

Испытания заключаются в измерениях напряжений, создаваемых генератором на головках, и токов через них. Для измерения токов в заземленные провода головок записи и стирания включают последовательно измерительные резисторы с небольшим (5—10 *ом*) сопротивлением.

32. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Подсоединив к измерительному резистору в цепи головки стирания осциллоскоп, включают генератор и проверяют форму тока стирания, которая нормально должна быть близка к синусоидальной. Снизив напряжение электропитания до минимально допустимого, многократно включают и выключают генератор и убеждаются в том, что колебания возникают устойчиво, а возникнув, не срываются. Дальнейшие измерения ведутся в следующем порядке.

Частоту колебаний генератора измеряют непосредственно частотомером ИЧ 5 или ИЧ-6 (ЧЗ-1, ЧЗ-3), который подключают параллельно осциллоскопу, или путем сопоставления частоты колебаний генератора с колебаниями известной частоты способом фигур Лиссажу В последнем случае развертку луча в осциллоскопе выключают и на его вход для горизонтального отклонения луча подают напряжение от звукового генератора. Частоту звукового генератора регулируют до возникновения на экране фигуры в виде эллипса (отношение частот 1 : 1) или восьмерки (отношение частот 2 : 1).

Токи стирания и подмагничивания измеряют при помощи электронных вольтметров, которые подсоединяют к измерительным резисторам, включенным последовательно в цепи соответствующих головок. Токи определяют по известному сопротивлению резисторов и падению напряжения на них. Если генератор соединен с усилителем записи через фильтр-пробку, то при первоначальном испытании генератора перед измерением тока подмагничивания необходимо подстроить этот фильтр, добиваясь минимального напряжения высокой частоты в той цепи, которая расположена после фильтра.

При наличии регулятора тока подмагничивания измеряют минимальный и максимальный токи, а при нескольких регуляторах (для различных скоростей ленты) диапазон регулировки тока подмагничивания проверяют для каждой из скоростей отдельно.

Все измерения проводят дважды — для минимального и максимального напряжения электропитания генератора.

Если режим работы магнитных головок в данном магнитофоне принято определять не по току, а по напряжению, то все измерения токов при испытании генератора заменяют измерениями напряжений на обмотках соответствующих головок.

Измерение паразитной амплитудной модуляции высокочастотного колебания — весьма важная проверка, так как такая модуляция приводит к записи на ленту фона переменного тока и поэтому уменьшает отношение сигнал/шум в магнитофоне. Ориентировочно можно судить о модуляции по осциллоскопу, подключив его параллельно

головке записи. Сдвинув регулятором осциллоскопа изображение на его экране насколько возможно ниже, увеличивают чувствительность осциллоскопа так, чтобы отчетливо был виден один верхний край осциллограммы. При наличии модуляции этот край будет волнистым.

Однако такой способ не позволяет определять слабую модуляцию, а для магнитофонов профессионального назначения она не должна превосходить 0,05%. Более точно можно измерить амплитудную модуляцию, продетектировав высокочастотное напряжение, получающееся на головке записи, и измерив в отдельности постоянную (U_0) и переменную ($U_\sim$) составляющие напряжения на нагрузке. Коэффициент амплитудной модуляции находят как отношение

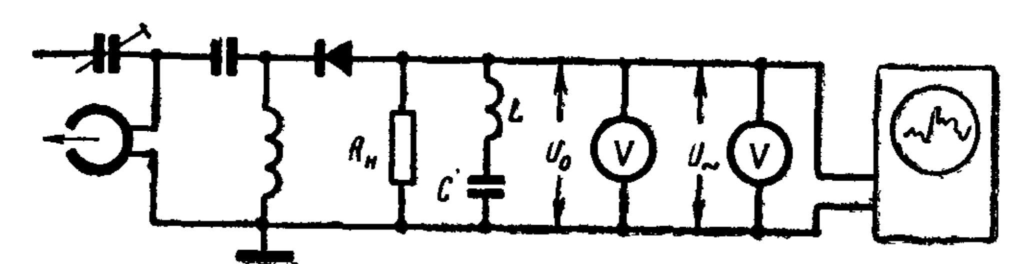


Рис. 32. Схема измерения коэффициента амплитудной модуляции подмагничивания

$U_\sim / U_0$. Схема измерений изображена на рис. 32. *LC*-контур шунтирующий нагрузку, должен хорошо фильтровать основную и высшие гармоники колебаний генератора. Включив осциллоскоп параллельно нагрузке, следует убедиться, что на ней нет высокочастотного напряжения и напряжение $U_\sim$ действительно низкочастотное модулирующее напряжение.

Измерение симметрии тока подмагничивания. Данное измерение имеет целью определить, насколько положительное пиковое значение тока подмагничивания отличается от отрицательного пикового значения. Эта разница не должна превосходить долей процента, иначе шум ленты в паузах записи недопустимо увеличится. Наиболее точно данное измерение можно произвести пиковым вольтметром, подключенным параллельно измерительному резистору в цепи головки записи. Однако подобных вольтметров с необходимой точностью измерения (0,1%) в широкой практике нет, поэтому прибегают к косвенному измерению, определяя при помощи анализатора напряжения или селективного вольтметра амплитуды первой и второй гармоник высокочастотного напряжения на измерительном резисторе. Асимметрию тока подмагничивания находят при этом как отношение амплитуды второй гармоники к амплитуде первой.

ИСПЫТАНИЯ КАНАЛА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

33. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

Испытанием канала воспроизведения начинаются испытания магнитофона в целом. До этого должны быть испытаны, налажены и отрегулированы все его блоки, а также магнитные головки. Существен для испытания вопрос о том, что считать выходом канала воспроизведения?

В профессиональных магнитофонах он решается просто, так как у них оконечный усилитель вместе с громкоговорителем служит только контрольным устройством и испытывается отдельно. В этих магнитофонах выходом канала воспроизведения при испытаниях считается линейный выход усилителя воспроизведения.

Сложнее обстоит дело у магнитофонов широкого применения, у которых оконечный усилитель входит в основной канал воспроизведения и ряд параметров магнитофона нормирован ГОСТ отдельно для линейного и отдельно для мощного выхода. Поэтому при испытаниях магнитофонов широкого применения измерения приходится проводить одновременно или поочередно на обоих выходах. Громкоговоритель магнитофона на время испытаний отключают и заменяют эквивалентным по сопротивлению резистором. Линейный выход также нагружают на эквивалент нагрузки. Все измерительные приборы подключают параллельно эквивалентам нагрузки при условии, что их входное сопротивление намного больше, чем сопротивление эквивалента. Кроме того, на выход канала воспроизведения включают осциллоскоп и внешнее громкоговорящее устройство для прослушивания. Последнее состоит из усилителя мощностью 3—5 *вт* и громкоговорителя. Следует подчеркнуть желательность комбинированного визуального и слухового контроля, позволяющего избежать ошибок измерений, а иногда и распознавать ту или иную неисправность.

После того как схема измерений собрана, перед включением магнитофона еще раз размагничивают его магнитные головки и детали лентопротяжного механизма, соприкасающиеся с магнитной лентой во время ее движения. Размагничивание было описано в разделе 6. Каналы воспроизведения многоскоростных магнитофонов испытывают последовательно на всех скоростях по полной программе испытаний, описываемой далее.

34. ВКЛЮЧЕНИЕ МАГНИТОФОНА. НАЧАЛО ИСПЫТАНИЙ

Для проведения измерений на мощном выходе канала воспроизведения, следует сначала установить регулятор (или регуляторы) тембра в положение, при котором частотная характеристика оконечного усилителя наиболее равномерна. Это положение, называемое номинальным, должно быть определено предварительно при испытаниях оконечного усилителя.

Далее на лентопротяжный механизм устанавливают соответствующую данной скорости измерительную ленту, часть У. Она содержит запись сигнала 400 *гц* с максимальным уровнем*. Воспроизводя запись, измеряют наибольшее выходное напряжение (выходную мощность), которое может быть получено на выходе канала воспроизведения, если регулятор усиления установить в положение минимального затухания. Затем этот регулятор устанавливают в номинальное положение, при котором напряжение (на линейном выходе) и мощность (на мощном выходе) равны номинальным значениям, указанным в технических данных магнитофона.

Если индикатор уровня входит в состав магнитофона в виде отдельного блока или входит в состав усилителя воспроизведения, то одновременно проверяют правильность его показаний и при необходимости регулируют чувствительность.

* До 1965 г выпускались измерительные ленты типа РТ, у которых уровень записи в части У был равен только половине максимального.

Вслед за этим часть У измерительной ленты заменяют частью Ч и воспроизводят ту запись, которая предназначена для проверки правильности установки угла наклона рабочего зазора воспроизводящей головки. Проверку осуществляют так: следя по вольтметру или осциллоскопу за напряжением на выходе канала, слегка искривляют ход ленты около воспроизводящей головки, нажимая пальцем то на один, то на другой край ленты. Если рабочий зазор установлен правильно, т. е. перпендикулярно к направлению движения ленты, то выходное напряжение при таких искусственных перекосах ленты будет уменьшаться. Если, наоборот, наблюдается увеличение напряжения, то надо отрегулировать наклон рабочего зазора приспособлениями, имеющимися в лентопротяжном механизме.

Воспроизводя запись 2—3 раза подряд, наблюдают за повторяемостью величины выходного напряжения, которая характеризует стабильность направления движения ленты и положение воспроизводящей головки.

Все перечисленные измерения проводят при номинальном напряжении электропитания.

35. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В процессе испытания магнитофона измеряют частотную характеристику канала воспроизведения по измерительной ленте; под этой характеристикой понимают зависимость выходного напряжения канала от частоты при воспроизведении записи, содержащейся в части Ч измерительной ленты. При данном и при последующих измерениях регуляторы усиления и тембра должны находиться в номинальных положениях, определенных ранее. Хотя нормы, приведенные в ГОСТ 8088-62 для частотной характеристики, относятся только к линейному выходу, измерение частотной характеристики следует производить и на мощном выходе канала, когда такой выход имеется. Если в канале воспроизведения имеется регулятор частотной коррекции, то частотную характеристику канала измеряют дважды: при положении регулятора, обеспечивающем максимальную коррекцию на высоких частотах, и при его рабочем положении, когда частотная характеристика канала на линейном выходе наиболее равномерна. Рабочее положение регулятора коррекции оставляют после этого при всех последующих испытаниях. Так как напряжение электропитания магнитофонов обычно мало влияет на частотную характеристику, то ее измеряют при номинальном напряжении.

36. ИЗМЕРЕНИЕ ПОМЕХ

Уровень помех в канале воспроизведения оценивают относительно полезного сигнала, соответствующего максимальному уровню записи на средних частотах. Для этого измеряют напряжение помех на выходе канала и делят его на номинальное выходное напряжение или на напряжение, соответствующее номинальной выходной мощности. Полученный результат, выраженный в децибелах, называется относительным уровнем помех канала воспроизведения.

Помехи измеряют сначала при выключенном, а затем при включенном на рабочий ход лентопротяжном механизме. Первое измерение характеризует в основном собственные помехи усилителя воспроизведения, второе — наводки и действие вибраций лентопротяжного механизма. Чтобы создать при втором измерении нормальный

режим работы механизма, на него устанавливают магнитную ленту, которую каким-либо образом отводят во время движения от воспроизводящей головки. При подробных исследованиях магнитофона для оценки характера помех бывает необходимо измерить не только относительный уровень помех, но и отдельно напряжение фона (через фильтр с полосой пропускания до 200 *гц*), напряжение шума (через фильтр с полосой пропускания от 200 до 15 000 *гц*), напряжение псофометрического шума (см. раздел 13), а иногда и произвести спектральный анализ помех. Помехи в канале воспроизведения весьма разнообразны, но в большинстве случаев могут быть разделены на:

1) собственные помехи усилителя воспроизведения;

2) электромагнитные наводки с лентопротяжного механизма на головку и ее кабель;

3) электромагнитные наводки с лентопротяжного механизма на усилитель воспроизведения (особенно на его входную цепь и первый каскад);

4) помехи из-за воздействия механических вибраций лентопротяжного механизма на усилитель, в результате которых во входной лампе и входном трансформаторе возникает так называемый «микрофонный эффект»;

5) помехи из-за воздействия тех же вибраций на воспроизводящую головку, возникающие в том случае, если сердечник головки по какой-либо причине случайно намагничен.

К этому перечню следует еще добавить, что в электромагнитных наводках с лентопротяжного механизма можно различать помехи с частотой, равной и кратной частоте сети переменного тока, помехи с частотой коммутации тока при наличии в механизме коллекторных электродвигателей, помехи с частотой вращения случайно намагниченных маховиков, роликов и шкивов механизма, возбуждающих в окружающем пространстве вращающееся магнитное поле, и, наконец, непериодические помехи импульсного характера от центробежных регуляторов скорости вращения, регуляторов натяжения ленты и других оперативных коммутационных цепей в лентопротяжном механизме.

Исходя из перечисленных видов помех, можно по результатам измерения определить, насколько та или иная помеха проявляется в испытуемом магнитофоне. Для облегчения анализа полезно во время измерения поочередно выключать отдельные источники помех. Например, наводки и вибрационные воздействия лентопротяжного механизма можно исключить, вынув усилитель из магнитофона и расположив его рядом на амортизационной резиновой подкладке. Для того чтобы освободиться от помех, действующих на магнитную головку, вход усилителя временно отсоединяют от нее и соединяют с головкой такого же типа, но установленной отдельно от лентопротяжного механизма внутри магнитного экрана и т. п.

Измерять помехи следует не только при номинальном напряжении электропитания магнитофона, но также при максимальном и минимальном напряжениях. Следует, однако, учесть, что при изменении напряжения питания изменяется и выходное напряжение полезного сигнала в канале воспроизведения Это напряжение надо в каждом случае определять, проигрывая часть У измерительной ленты, и делить напряжение помехи уже не на номинальное, а на фактически измеренное выходное напряжение полезного сигнала

37. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Кроме описанных измерений, проводят еще дополнительные испытания, результаты которых не всегда могут быть оценены количественно. Эти испытания следующие: определение интенсивности коммутационных помех и помех от электризации ленты, проверка отсутствия акустического самовозбуждения, проверка отсутствия самопроизвольного намагничивания воспроизводящей головки. Ниже излагается методика этих испытаний.

Определение интенсивности коммутационных помех. При включении и выключении лентопротяжного механизма происходят замыкания и размыкания электрических цепей, вызывающие появление коммутационных помех. Эти помехи слышны как щелчки в громкоговорителе, иногда весьма громкие и поэтому неприятные.

Для того чтобы оценить интенсивность таких щелчков, нужно правильно выбрать громкость прослушивания. Если в состав канала воспроизведения входит универсальный усилитель, то щелчки прослушивают при номинальных положениях регуляторов усиления и тембра. Если в состав канала воспроизведения входит усилитель воспроизведения и внешний или внутренний оконечный усилитель, то коэффициент усиления последнего предварительно устанавливают, прослушивая музыку, записанную на ленте с нормальным уровнем, и выбирая положение регулятора усиления так, чтобы громкость звука была при этом достаточной, но не чрезмерной.

Прослушивание щелчков во время коммутаций дает возможность оценить действие искрогасящих цепей в лентопротяжном механизме, защитные свойства магнитных экранов и правильность монтажа магнитофона, особенно прокладку линий нулевого потенциала.

Следует, однако, предупредить, что результаты испытаний зависят в значительной степени от внутреннего сопротивления источников питания магнитофона. Так, например, при переключении магнитофона, питающегося от сети переменного тока, с одних подводящих сетевых проводов на другие коммутационные помехи могут заметно измениться. Поэтому данные испытания следует рассматривать лишь как сопоставительные, позволяющие сравнивать различные магнитофоны только при тщательном соблюдении всех прочих равных условий.

Проверка отсутствия акустического самовозбуждения. Данную проверку проводят только у тех магнитофонов, у которых громкоговоритель, включенный на выход канала воспроизведения, конструктивно расположен в одном корпусе с усилителем воспроизведения или с универсальным усилителем и поэтому может акустически воздействовать на их входные лампы. Регуляторы усиления и тембра, входящие в канал устанавливают в положение, соответствующее максимальному усилению *.

Воспроизводя какую-либо музыкальную запись и несколько раз включая и выключая лентопротяжный механизм, проверяют на слух, не возникает ли при этом характерного для акустического самовозбуждения «подзванивания» усилителя или нарастающего в паузах гула и свиста. Для транзисторных усилителей проверку на отсутствие акустического самовозбуждения проводить не надо вследствие большой жесткости конструкции транзисторов.

* После проверки все регуляторы должны быть возвращены в первоначальные положения.

Проверка намагничивания головки. Нежелательное намагничивание головки воспроизведения может возникать в результате протекания через ее обмотку постоянного по направлению тока или импульса тока. Это может происходить при неудачном выборе режима работы и неблагоприятных постоянных времени в цепях питания усилителя, вследствие чего при его включении в процессе установления режима во входной цепи возникает импульс тока. Намагничивание может происходить и в результате действия на вход усилителя сильных импульсных помех от коммутационных цепей лентопротяжного механизма, так как такие помехи также могут вызвать импульс входного тока Намагниченная головка повышает шум ленты в паузах между полезными сигналами, кроме того, она может намагнитить и тем самым испортить воспроизводимый на данном магнитофоне магнитофильм.

Из этого нетрудно заключить, насколько важна проверка намагничивания головки воспроизведения, особенно в процессе разработки магнитофона и при испытании первых образцов.

Отсоединив один из проводов, идущих от головки к усилителю воспроизведения (при несимметричном входе отсоединяют незаземленный провод), тщательно размагничивают головку ручным электромагнитом. Включают питание усилителя и ждут, пока установится его режим. На лентопротяжный механизм устанавливают рулон (100—150 *м*) магнитной ленты, по всей длине которой на расстоянии a=5—8 *мм* друг от друга пробиты перфорационные отверстия Предварительно эта лента должна быть размагничена тем же электромагнитом, что и головка. К выходу канала воспроизведения подсоединяют селективный вольтметр, настроенный на частоту перфорации, равную v/a *гц*, где v — скорость движения ленты.

Включают лентопротяжный механизм на воспроизведение и осторожно, так чтобы не коснуться рукой или металлическим предметом входа усилителя, подсоединяют отключенный провод к головке

Подстроив селективный вольтметр, измеряют составляющую помех с частотой перфорации Ее величина будет зависеть только от остаточной намагниченности перфорированной ленты и головки, т е. в данном опыте позволит судить о намагниченности головки. Так как были приняты все меры к тому, чтобы головка не была намагничена, напряжение помехи на выходе должно быть в данном случае ничтожным и вообще может не обнаружиться. Обнаружение помех говорит о том что усилитель неисправен и в его входной цепи постоянно протекает ток, намагничивающий головку. Вслед за этим уже при подключенной головке воспроизведения включают и выключают различные режимы работы лентопротяжного механизма, несколько раз включают и выключают питание усилителя и вновь повторяют измерение напряжения помех на выходе усилителя Если оно не увеличилось, значит головка не намагнитилась

При отсутствии перфорированной ленты проверять намагничивание головки можно с обычной магнитной лентой, предварительно тщательно размагниченной Вместо измерения на выходе усилителя помех с частотой перфорации измеряют или прослушивают через громкоговоритель шум ленты. Остальной порядок проверки сохраняется прежним Возрастание шума — признак намагничивания головки.

Проверять намагничивание следует как при максимальном, так и при минимальном напряжении электропитания.

Определение интенсивности помех от электризации ленты. Если сердечник воспроизводящей (универсальной) магнитной головки или его отдельные пластины недостаточно хорошо электрически соединены с металлическим корпусом лентопротяжного механизма, то на них возможно скапливание электрических зарядов, образующихся на магнитной ленте от ее трения о детали механизма. Нарастающий электрический заряд сердечника вызывает периодически пробои на корпус механизма или на обмотку головки. На выходе канала при этом возникает импульсная помеха, а в громкоговорителе слышен щелчок. Если во время записи такая помеха проникает в канал записи, то она, кроме того, записывается на ленту.

Для проверки на отсутствие помех от электризации магнитофон с установленным рулоном тщательно размагниченной ленты в выключенном состоянии помещают примерно на сутки в комнату или специальную камеру с температурой 40—45° С и очень сухим воздухом. После этого там же магнитофон включают на воспроизведение и при максимальном усилении прослушивают через громкоговоритель, нет ли периодических щелчков.

Данное испытание проводят при наибольшей скорости ленты и номинальном напряжении электропитания магнитофона.

ИСПЫТАНИЯ КАНАЛА ЗАПИСИ — ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

38. ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ И СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

Испытания канала записи — воспроизведения предусматривают проведение на испытуемом магнитофоне ряда записей с последующей оценкой их при воспроизведении на том же магнитофоне Такая последовательность записи и воспроизведения неизбежна, когда в магнитофоне имеется один универсальный усилитель. Но и при раздельных усилителях записи и воспроизведения надо сначала сделать запись, затем перемотать обратно ленту и потом воспроизвести запись. Схема измерений (рис. 33) представляет собой сочетание двух схем — схемы, применяемой при испытаниях канала воспроизведения, и схемы, применяемой при испытаниях усилителя записи. В данном случае очень важно оценивать воспроизводимый сигнал не только измерительными приборами, но и видеть его на экране осциллоскопа и прослушивать через громкоговоритель.

В зависимости от схемы магнитофона испытания проводят или с каждого из его входов, или же выбирают один вход Выходом магнитофона при испытаниях служит линейный выход усилителя (в магнитофонах всех типов) и, кроме того, мощный выход универсального или воспроизводящего усилителя в магнитофонах широкого применения Все испытания проводят на магнитной ленте того типа, на который рассчитан данный магнитофон, при этом должна использоваться специально подобранная типовая лента, т. е. лента данного типа, обладающая некоторым средним качествам или аналогичная ей. В многоскоростных магнитофонах иногда на разных скоростях применяют различные типы лент. Поэтому и при их испытании нуж-

ы соответствующие различные типовые ленты. Перед началом ис-ытаний типовая лента должна быть размагничена мощным электро-агнитом, питаемым от сети переменного тока, или на заведомо исправном магнитофоне. Поскольку качество стирания старых запи-сей в испытуемом магнитофоне в начале еще не определено, следует все записи при испытаниях производить без наложения одной на другую

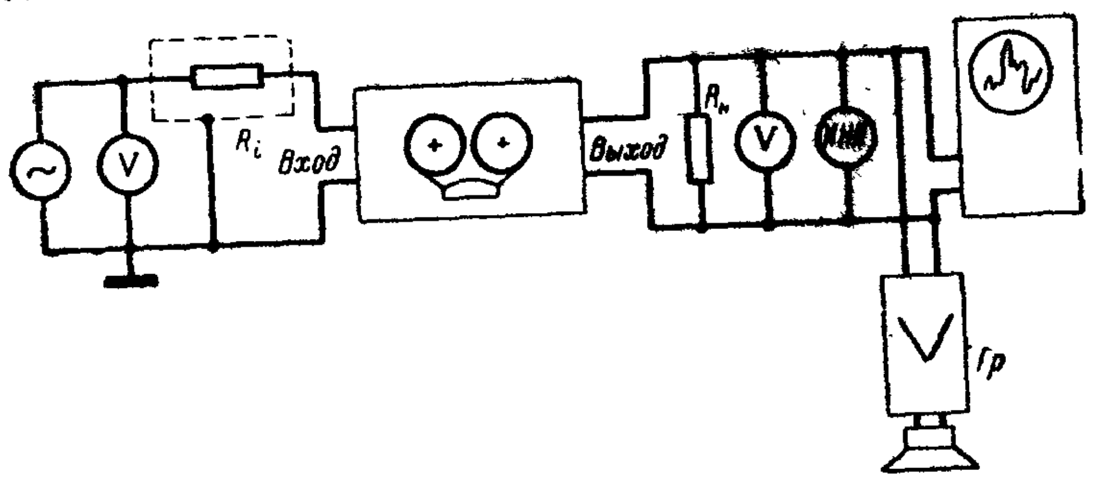


Рис. 33. Схема измерения для испытаний канала записи — воспроизведения

39. УСТАНОВКА ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

Большинство магнитофонов имеет регулятор (или регуляторы) тока подмагничивания, что позволяет начать испытания с того, чтобы правильно выбрать этот ток. Известно, что величина подмагничивания влияет почти на все параметры магнитофона. Подмагничивание, при котором чувствительность магнитной ленты к полезному сигналу максимальна, называют оптимальным. Такое подмагничивание часто и устанавливают, однако, в некоторых случаях для уменьшения шума ленты фактически выбранное или, как его называют, номинальное подмагничивание превышает оптимальное значение.

Ток подмагничивания выбирают в процессе записи сигнала 1 000 *гц*. Сначала находят оптимальное подмагничивание. Проще всего это сделать при раздельных усилителях записи и воспроизведения, когда о чувствительности магнитной ленты можно судить по выходному напряжению магнитофона непосредственно в процессе записи. Регулируя подмагничивание, находят такое положение регулятора, при котором достигается максимальное выходное напряжение. Это положение и будет соответствовать оптимальному подмагничиванию. Его ток измеряют известным способом (раздел 32).

Если вместо раздельных усилителей в магнитофоне имеется один универсальный, то оптимальное подмагничивание определяют в результате ряда проб. При неизменной э. д. с. сигнала на входе усилителя производят ряд коротких записей при разных токах подмагничивания. Эти токи должны измеряться. Затем ленту перематывают и записи воспроизводят. Измерив выходное напряжение, получаемое при каждой записи, находят оптимальное подмагничивание, как соответствующее максимуму напряжения.

В процессе поиска оптимального подмагничивания надо следить за тем, чтобы уровень записи не превышал 30% максимального, иначе точность определения понизится. Надо иметь в виду также одну особенность магнитных головок записи (или универсальных головок) с рабочим зазором, ширина которого меньше толщины рабочего слоя магнитной ленты. При таких головках график зависимости выходного напряжения магнитофона от тока подмагничивания имеет вместо явно выраженного максимума плоскую вершину. Оптимальный ток подмагничивания соответствует примерно середине этой вершины.

Номинальное подмагничивание устанавливают в зависимости от скорости ленты. При скорости, равной или большей чем 38,1 *см/сек*, ток номинального подмагничивания устанавливается в 1,2 раза больше тока оптимального подмагничивания. При меньших скоростях номинальное подмагничивание выбирают равным оптимальному.

В многоскоростных магнитофонах широкого применения, имеющих один общий регулятор подмагничивания для всех скоростей, номинальное подмагничивание выбирают равным оптимальному для большей скорости.

Если в магнитофоне нет регулятора подмагничивания, то выбор подмагничивания отпадает; вместо этого при испытаниях требуется выяснить, насколько установленный ток подмагничивается больше или меньше оптимального Для нахождения последнего отсоединяют от генератора магнитофона провод, по которому подается в головку ток подмагничивания, и подключают его к внешнему генератору. Второй нулевой зажим генератора соединяют с нулевым проводом магнитофона. Устанавливают частоту колебаний внешнего генератора такой же, как и у генератора магнитофона. Регулируя выходное напряжение генератора, изменяют ток подмагничивания и отыскивают его оптимальное значение так, как это было описано выше. При этом для того, чтобы избежать биений между колебаниями внешнего генератора и внутреннего генератора магнитофона, последний отключают от источника электропитания и заменяют эквивалентным резистором.

Все испытания, рассмотренные в данном разделе, проводят при номинальном напряжении питания магнитофона.

40. ИЗМЕРЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Чувствительностью канала записи — воспроизведения называют минимальную входную э. д. с., при которой можно получить максимальный уровень записи. Это определение совпадает с определением чувствительности усилителя записи, и данное измерение фактически повторяет и уточняет измерение, произведенное при испытаниях усилителя. Однако такое уточнение необходимо, так как головка записи или универсальная головка, установленная в магнитофоне, может случайно значительно отличаться по своей чувствительности от того номинального значения, которое принималось во внимание при испытаниях усилителя записи. Кроме того, косвенно проверяется правильность настройки индикатора уровня и выбора тока подмагничивания.

В начале измерения магнитофон включают на запись и проверяют отсутствие показаний индикатора уровня, когда напряжение на вход канала не подано.

Регулятор усиления в канале записи устанавливают при этом в положение минимального затухания, а провода входной измерительной схемы отличают от звукового генератора и замыкают накоротко.

Если никаких нежелательных наводок на индикатор не обнаружено, подключают звуковой генератор и, ориентируясь на показания индикатора, записывают с максимальным уровнем сигнал 400 *гц*.

Перемотав затем ленту, воспроизводят запись, измеряют выходное напряжение $U_{вых}$ канала и сличают его с номинальным напряжением $U_н$. Напомним, что ранее при испытании канала воспроизведения номинальное выходное напряжение было установлено по измерительной ленте. Отличие $U_{вых}$ от $U_н$ нормально должно быть небольшим и объясняется лишь неизбежной ошибкой измерения индикатора уровня, а при универсальном усилителе, кроме того, неточным выбором подмагничивания и отличием чувствительности магнитной головки от номинального значения, которое принималось во внимание при испытаниях индикатора уровня.

Измерив напряжение звукового генератора $U_{вх}$, рассчитывают чувствительность канала:

$$U = U_{вх}\frac{U_н}{U_{вых}}. \qquad (18)$$

Чувствительность измеряют для одной, обычно меньшей, скорости ленты, если используется лента одного типа, и для всех скоростей — при разных типах ленты.

При нескольких входах магнитофона чувствительность определяют для каждого из входов в отдельности. Напряжение электропитания при рассмотренных измерениях устанавливается минимальным.

41. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Данный вид испытания начинают с регулировки наклона рабочего зазора записывающей головки. Устанавливают регулятор усиления канала записи на минимальное затухание; далее выбирают напряжение звукового генератора (рис. 33), в 10 раз меньше чувствительности канала записи — воспроизведения, а частоту колебаний, равной 0,5 $f_{макс}$, где $f_{макс}$ — верхняя частота рабочего диапазона магнитофона. Производят запись на самой малой скорости ленты, которую допускает данный магнитофон, и, одновременно воспроизводя запись (при раздельных усилителях записи и воспроизведения), измеряют выходное напряжение магнитофона. Регулируя наклон рабочего зазора записывающей головки, добиваются максимального выходного напряжения, которое соответствует правильному, перпендикулярному положению зазора относительно направления движения ленты. Постепенно повышая частоту от 0,5$f_{макс}$ до $f_{макс}$, точно регулируют наклон головки, после чего закрепляют ее.

Если в магнитофоне при раздельных головках записи и воспроизведения имеется только один универсальный усилитель, то для установки наклона записывающей головки ее непосредственно подсоединяют к звуковому генератору, а усилитель переключают на воспроизведение. Запись производят без подмагничивания; регулировка аналогична предыдущей.

Для многоскоростного магнитофона необходимо, кроме того, испытать правильность наклона головки и на всех остальных скоростях. Записав сигнал, соответствующий частоте $f_{макс}$ для каждой данной скорости, перематывают ленту и затем воспроизводят запись. Надавливая слегка спичкой или пальцем то на один, то на другой край ленты около воспроизводящей головки, перекашивают направление ее движения и следят за тем, как изменяется выходное напряжение магнитофона. При правильном наклоне рабочего зазора записывающей головки это напряжение должно только уменьшаться. Если обнаружено, что, перекосив ленту, можно достичь большего выходного напряжения, значит движение ленты на данной скорости происходит в несколько ином направлении, что недопустимо и должно быть исправлено регулировкой лентопротяжного механизма. Правильность наклона записывающей головки необходимо проверять на каждой скорости ленты не только в начале, но и в конце рулона, т. е. при минимальном и при максимальном количествах ленты на подающем узле.

В магнитофонах с одной универсальной магнитной головкой наклон ее рабочего зазора уже регулировался при испытании канала воспроизведения, поэтому при испытании канала записи — воспроизведении только проверяют правильность этого наклона описанным выше методом. Несмотря на то что одна и та же головка используется в данном случае и для записи, и для воспроизведения, иногда может быть обнаружена значительная непараллельность направлений записи и воспроизведения. Причина этого заключается обычно в искривлении рабочего зазора головки и в непараллельности его граней. Такая головка должна быть заменена. Правильность наклона универсальной головки, когда она работает как записывающая, следует проверять на самой малой из скоростей ленты в данном магнитофоне.

Далее приступают непосредственно к снятию частотной характеристики. Поддерживая напряжение звукового генератора равным 0,1 чувствительности канала, записывают серию сигналов с частотами, лежащими в пределах рабочего диапазона, а при подробном испытании и несколько выходящими за эти пределы. В числе выбранных частот обязательно должны быть частоты измерительной ленты. Интервал между частотами от 30 до 100 *гц* должен быть не более 5—10 *гц*, чтобы правильно оценить свойственную магнитофонам волнообразность частотной характеристики, известную под названием «змейки».

Закончив запись, перематывают ленту, затем воспроизводят запись, измеряя выходное напряжение магнитофона. По результатам измерения строят частотную характеристику канала. Если желательно знать, насколько правильно выбраны частотные предыскажения в канале записи, надо из частотной характеристики канала записи — воспроизведения вычесть ранее измеренную частотную характеристику канала воспроизведения. Полученная разность покажет ошибку в частотной характеристике усилителя записи.

Если у магнитофона в канале записи есть регулятор частотных предыскажений, то частотную характеристику канала записи — воспроизведения измеряют дважды — при максимальных предыскажениях и при рабочем положении регулятора, которое находят практи-

чески как положение, соответствующее наибольшей равномерности частотной характеристики канала записи — воспроизведения. Из сравнения двух полученных характеристик можно судить о запасе регулировки предыскажений и о распределении этого запаса в диапазоне частот. Рабочее положение регулятора предыскажений сохраняется для всех последующих испытаний магнитофона.

Частотные характеристики канала записи — воспроизведения измеряются для каждой скорости ленты, а характеристики при рабочем положении регулятора предыскажений, кроме того, — при максимальном и минимальном напряжении электропитания. Напряжение электропитания влияет на частотную характеристику косвенно — при изменении этого напряжения изменяется ток подмагничивания, что по-разному влияет на уровень записи на низких и высоких частотах; кроме того, в некоторых магнитофонах изменяется натяжение ленты.

Если у магнитофона имеется несколько входов и из результатов испытаний усилителя записи видно, что его частотные характеристики для разных входов различны, то все частотные характеристики канала записи — воспроизведения надо измерять с того входа, где можно ожидать наименее благоприятный результат. Для сравнения на одной из скоростей можно измерить частотные характеристики канала записи — воспроизведения и с других входов магнитофона.

Если лента специально не прижимается к магнитным головкам и ее натяжение во время движения в лентопротяжном механизме не стабилизировано, то частотные характеристики, снятые при разном количестве ленты на подающем узле, будут различны. В таком случае целесообразно измерять характеристики в самом неблагоприятном режиме, т. е. при максимальном количестве ленты на подающем узле, когда ее натяжение будет наименьшим.

В заключение оценивают качество записи с точки зрения паразитной амплитудной модуляции. Сделав запись при наименьшей скорости ленты и частоте сигнала, соответствующей верхней границе рабочего диапазона для данной скорости, воспроизводят ее и по осциллоскопу, включенному на выход магнитофона, определяют (на глаз) глубину паразитной модуляции. Для более точного определения применяют измерители глубины модуляции, состоящие из двухполупериодного диодного детектора, нагрузки и фильтра низких частот. Отношение переменного напряжения к постоянному (на выходе фильтра) равно коэффициенту модуляции. Нормально паразитная амплитудная модуляция полезного сигнала не должна превышать 30%. Бо́льшая модуляция свидетельствует о плохом механическом контакте ленты с магнитными головками, о неправильном положении магнитных головок, о неравномерном движении ленты в лентопротяжном механизме или, наконец, о слишком малом подмагничивании. Среди этих возможных причин не упоминалось влияние дефектов ленты, так как предполагалось, что все испытания ведутся на доброкачественной типовой ленте. Амплитудную модуляцию определяют при максимальном количестве ленты на подающем узле и минимальном напряжении электропитания.

42. ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Схема измерений остается прежней (рис. 33). Устанавливая регулятор усиления в канале записи на минимальное затухание и напряжение звукового генератора, равное чувствительности канала для

данного входа, ориентируясь на показания индикатора, записывают сигнал 400 *гц* с максимальным уровнем. Перемотав ленту и воспроизведя запись, проверяют, что выходное напряжение и выходная мощность магнитофона имеют номинальные значения, после чего измеряют коэффициент гармоник.

Далее канал испытывают в режимах перегрузок. Напряжение звукового генератора устанавливают равным максимальной э. д. с. для данного входа. Снова записывают сигнал 400 *гц*. Регулятор усиления в канале записи устанавливают при этом так, чтобы индикатор показал максимальный уровень. Воспроизводя запись, измеряют коэффициент гармоник.

Затем напряжение звукового генератора уменьшают в 2 раза по сравнению с последним и настройкой регулятора усиления добиваются, чтобы индикатор показал максимальный уровень записи. После этого напряжение звукового генератора удваивают и записывают сигнал с двойным максимальным уровнем. При воспроизведении записи выходное напряжение и мощность магнитофона получаются превышающими номинальные значения. Измерение коэффициента гармоник в данном случае характеризует поведение магнитофона при самых наибольших его перегрузках как со стороны входа, так и со стороны выхода.

При измерениях нелинейных искажений следует использовать вход магнитофона, наиболее чувствительный к перегрузкам, который при испытаниях усилителя записи показал наибольшую величину нелинейных искажений. Нелинейные искажения следует измерять на всех скоростях ленты, а также при минимальном и при максимальном напряжении электропитания.

При использовании измерительных приборов ИНИ-10, ИНИ-11 и ИНИ-12 (С6-1) следует учитывать рекомендации, приведенные в § 12. Кроме того, при измерениях нелинейных искажений на показания перечисленных приборов влияют также колебания скорости ленты, что вносит дополнительную ошибку в измерения; эта ошибка, однако, незначительна, если коэффициент колебания скорости не превышает 0,25%.

При бо́льших колебаниях скорости предпочтительнее использовать прибор ИНИ-6 или аналогичные ему приборы.

В правильно сконструированном и нормально работающем магнитофоне нелинейные искажения определяются главным образом искажениями в магнитной ленте. Они вполне характеризуются коэффициентом гармоник, измеренным на частоте 400 *гц*.

43. ИЗМЕРЕНИЕ ПОМЕХ

Помехи, наблюдаемые в канале записи — воспроизведения, состоят из помех, возникающих в канале записи, в канале воспроизведения, и собственных шумов магнитной ленты. Общий уровень всех этих помех характеризуется относительным уровнем помех канала записи — воспроизведения, под которым понимают выраженное в децибелах отношение напряжения на выходе магнитофона в паузах записи полезных сигналов к номинальному выходному напряжению при условии, что последнее достигается при максимальном уровне записи.

Применяя прежнюю схему измерений (рис. 33), имитируют в ней условия паузы между сигналами. Для этого провода, идущие к звуковому генератору, отключают от него и замыкают накоротко. Как провода, так и резистор R_i, эквивалентный внутреннему сопротивлению источника э. д. с., должны быть надежно защищены от наводок со стороны окружающей аппаратуры и самого магнитофона. Установив на минимум затухания регулятор усиления, в канале записи записывают «паузу» в течение 20—30 *сек*, после чего ленту перематывают, запись воспроизводят и измеряют напряжение на выходе магнитофона, которое и будет напряжением собственных помех канала записи — воспроизведения. Разделив его на номинальное выходное напряжение, вычисляют после этого относительный уровень помех в децибелах. В магнитофонах с большой чувствительностью входа «паузу» записывают при таком положении регулятора усиления, которое обеспечивает максимальный уровень записи, когда на вход подана э. д. с. с некоторым номинальным значением, определяемым техническими данными магнитофона. Найти требуемое положение регулятора усиления нетрудно, подключив на короткое время перед записью «паузы» звуковой генератор с напряжением, равным номинальной э. д. с., и настроив регулятор по индикатору уровня.

Собственные помехи измеряют на всех скоростях ленты, а также при максимальном и минимальном напряжении электропитания.

При подробных исследованиях, кроме помех, измеряются порознь шумы, фон и псофометрические шумы. Для этого используется та же аппаратура, что и при испытаниях канала воспроизведения (§ 36). Кроме того, для анализа полезно измерить относительный уровень помех на выходе магнитофона при проигрывании магнитной ленты, размагниченной специальным мощным электромагнитом *, а также ленты, подвергавшейся в испытуемом магнитофоне только стиранию и только подмагничиванию.

44. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СТИРАНИЯ ЗАПИСИ

Простейшим способом качество стирания старой записи может быть оценено на слух, путем прослушивания какой-либо фонограммы после стирания ее на испытуемом магнитофоне. Однако субъективность такой оценки и возможность влияния различных неучтенных факторов делают предпочтительным измерения относительного уровня стирания, под которым понимают выраженное в децибелах отношение уровня записи фонограммы после стирания к уровню записи той же фонограммы до стирания.

Качество стирания зависит от типа ленты, частоты стираемого сигнала, времени и условий хранения фонограммы и подмагничивания, при котором она была записана. Чем ниже частота сигнала, тем труднее его стереть, с другой стороны, из-за меньшей чувствительности нашего слуха к звукам низких частот нестертые остатки фонограммы будут прослушиваться все слабее по мере понижения частоты. Из этих соображений выбирают компромиссно частоту сиг-

* Справочник радиолюбителя, раздел 14-10, Госэнергоиздат, 1961.

нала для измерений 400 *гц*. Влияние времени и условий хранения фонограммы исключается тем, что стирание проводят сразу же после записи.

Подав на любой из входов магнитофона сигнал частотой 400 *гц*, записывают его с максимальным уровнем примерно в течение 1 *мин*. Затем половину ленты с полученной записью перематывают обратно и стирают запись. Во время стирания провода от звукового генератора отсоединяют и замыкают накоротко. Окончив стирание, перематывают стертую и нестертую части фонограммы и воспроизводят их, измеряя выходное напряжение селективным вольтметром или обычным электронным вольтметром, включенным через фильтр 400 *гц* с шириной полосы пропускания около 50 *гц*. Измерение напряжения в узкой полосе необходимо потому, что уровень стертой записи лежит обычно ниже уровня собственных помех канала записи — воспроизведения и не может быть поэтому непосредственно измерен вольтметром на выходе магнитофона. Определив напряжение U_1, соответствующее нестертой, а затем напряжение U_2, соответствующее стертой части записи, вычисляют относительный уровень стирания как $20\lg U_2/U_1$.

Измерения проводят на бóльшей скорости ленты и при минимальном напряжении электропитания.

45. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

К числу этих заключительных испытаний относятся следующие.

1. Во время записи слуховой контроль осуществляется через громкоговоритель, который часто расположен в самом магнитофоне и может поэтому оказывать акустическое воздействие на все детали и узлы конструкции, в том числе на входной каскад канала записи — воспроизведения. Особенно чувствительны к такому воздействию электронная лампа и входной трансформатор.

При неблагоприятных условиях в результате этого может возникнуть акустическое самовозбуждение и запись на магнитофоне будет невозможна. Испытание на акустическую устойчивость проводят в следующем порядке. При универсальном усилителе магнитофон включают на запись, но ленту устанавливать необязательно. Регулятор уровня записи, а в тех аппаратах, где есть и регулятор громкости слухового контроля, переводят в положение минимального затухания. На вход магнитофона не подают никаких сигналов. Слегка постукивая пальцем по входной лампе усилителя, вызывают возникновение характерного звона, хорошо слышимого в громкоговорителе. При самовозбуждении этот звон становится непрерывным.

При раздельных усилителях записи и воспроизведения акустическая устойчивость проверяется аналогично, с той лишь разницей, что в магнитофоне должна быть установлена лента. Регуляторы уровня записи, громкости прослушивания и тембра должны находиться в положениях, соответствующих максимальному усилению.

2. При неправильной схеме коммутации или неисправности магнитофона записывающая головка может при включении получать остаточную намагниченность. Это в первую очередь обнаруживается по увеличению собственных помех в канале записи — воспроизведе-

ния, а еще более отчетливо по увеличению уровня шумов или уровня псофометрических шумов *.

Для проверки, от записывающей (или универсальной) головки отпаивают один (незаземленный) провод и размагничивают головку электромагнитом. Далее, установив магнитную ленту, включают магнитофон на запись «паузы» так, как это описывалось при измерении собственных помех канала записи — воспроизведения. Спустя несколько секунд, осторожно подсоединяют рукой ранее отпаянный провод к головке и записывают «паузу». Затем ленту перематывают, воспроизводят запись и измеряют напряжение собственных помех.

Далее провод к головке припаивают. Магнитофон несколько раз включают на запись «паузы» и выключают, после чего вновь измеряют напряжение собственных помех на выходе магнитофона. Если оно превышает первоначально измеренное напряжение, то это служит признаком нежелательного намагничивания головки.

Эту проверку очень хорошо проводить, используя вместо обычной магнитной ленты перфорированную ленту (раздел 37). В этом случае выходное напряжение помех измеряют селективным вольтметром, настроенным на частоту перфорации. Кроме того, при помощи перфорированной ленты нетрудно очень точно проверить симметричность формы тока подмагничивания Для этого сравнивают напряжение помех на выходе магнитофона, измеренное селективным вольтметром, при проигрывании перфорированной ленты, размагниченной электромагнитом, и при проигрывании перфорированной ленты, на которой записана «пауза». Чем больше разность этих напряжений, тем менее симметричен ток подмагничивания.

3. В нормально действующем магнитофоне на ленту не должны записываться щелчки, соответствующие включению и выключению записи или оперативной коммутации, во время записи, например при переключении оконечного усилителя с выхода усилителя воспроизведения на вход усилителя записи.

Проверка производится путем прослушивания записи «паузы», во время которой магнитофон многократно включался и выключался на запись и в нем осуществлялась вся свойственная ему оперативная коммутация.

При подробных испытаниях целесообразно также проверить устойчивость канала записи — воспроизведения к источникам помех импульсного характера, находящимся вне магнитофона. Для этого при записи «паузы» периодически вызывают помехи, например включают в ту же сеть переменного тока, в которую включен магнитофон, какую-либо большую нагрузку. При воспроизведении записи обращают внимание на то, записались ли на ленту щелчки или нет. Такое испытание не отличается, однако, точностью и должно рассматриваться главным образом как сравнительное.

Перечисленные в этом разделе дополнительные испытания канала записи — воспроизведения проводятся на всех скоростях ленты, а также при максимальном и минимальном напряжении электропитания магнитофона.

---

* То же явление может быть вызвано и остаточной намагниченностью воспроизводящей магнитной головки, поэтому предполагается, что соответствующая проверка уже была проведена (раздел 37).

ИСПЫТАНИЯ СКВОЗНОГО КАНАЛА

46. ИЗМЕРЕНИЯ В СКВОЗНОМ КАНАЛЕ И В КАНАЛЕ ЗАПИСИ — ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

В магнитофонах, имеющих раздельные магнитные головки и усилители записи и воспроизведения, которые образуют так называемый сквозной канал, качество записи может быть оценено сразу в процессе ее проведения. Чтобы воспроизвести запись, не нужно ждать ее окончания и перематывать ленту, что позволяет значительно ускорить испытания. Однако результаты испытаний в сквозном канале будут неверны, если существует заметное прямое воздействие канала записи на канал воспроизведения. Такое воздействие в диапазоне звуковых частот можно ожидать из-за индуктивной связи головки записи с головкой воспроизведения (при недостаточно хорошем экранировании), из-за емкостных связей в монтаже магнитофона, из-за связей через общий источник питания. Следует заметить, что прямое воздействие канала записи на канал воспроизведения не только искажает измерения в сквозном канале, но и обесценивает в данном магнитофоне сквозной канал. Основное преимущество последнего — это возможность слухового контроля записи в процессе ее проведения, а такая возможность весьма затруднена, когда на выходе сквозного канала будут постоянно слышны два сигнала — один, воспроизведенный с ленты, а второй, поступающий через паразитные связи.

Поэтому при испытании магнитофона, имеющего сквозной канал, необходимо вначале определить величину проникания сигналов звуковой частоты из канала записи в канал воспроизведения и, только убедившись в ее незначительности, можно проводить измерения в сквозном канале.

Кроме воздействия в диапазоне звуковых частот, канал записи может оказывать воздействие на канал воспроизведения на частоте высокочастотного генератора магнитофона. Такое воздействие обычно не мешает слуховому контролю на выходе сквозного канала, но может вызвать ошибочные показания индикатора уровня записи, а при испытаниях затруднить измерения. Высокочастотная помеха должна быть ослаблена в процессе регулировки магнитофона, но остающееся напряжение этой помехи все же заставляет обычно измерять коэффициент гармоник и собственные помехи магнитофона и определять качество стирания старой записи не в сквозном канале, а в канале записи — воспроизведения так, как было описано в предыдущих разделах. Все остальные измерения проводят непосредственно в сквозном канале.

47. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОНИКАНИЯ СИГНАЛОВ ИЗ КАНАЛА ЗАПИСИ В КАНАЛ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Это испытание проводят без магнитной ленты. Регулятор уровня записи устанавливают в положение максимального затухания и проверяют воздействие генератора высокой частоты на индикатор уровня и усилитель воспроизведения. Несколько раз включая магнитофон на запись и выключая его, следят за показаниями индикатора уров-

6—1708

ня. Если обнаружено нежелательное воздействие на индикатор высокочастотных колебаний, то путем регулировки предусмотренных в магнитофоне фильтров и экранов сводят это воздействие до неощутимой для индикатора величины

О воздействии на усилитель воспроизведения наиболее точно можно судить, измерив при включенном генераторе магнитофона колебательные напряжения на анодах всех ламп усилителя. Полученные результаты сопоставляют с нормальными значениями напряжеиий от полезного сигнала в тех же точках усилителя. Если последние на порядок больше, то воздействие генератора на усилитель можно считать неопасным.

Более сложно определяется проникание звукового сигнала из канала записи в канал воспроизведения. При помощи применявшейся ранее измерительной схемы (рис. 33) на вход усилителя записи, от звукового генератора подают напряжение, равное максимальному значению э. д. с. для данного входа Магнитофон без ленты включают на запись и регулятором усиления устанавливают ток в головке, на частоте 400 *гц* обеспечивающий запись с максимальным уровнем. На выходе канала воспроизведения селективным вольтметром, настроенным на частоту звукового генератора, измеряют напряжение проникшего сигнала. Вычисляют уровень этого сигнала в децибелах по отношению к номинальному выходному напряжению канала воспроизведения. Измерения проводят на нескольких частотах рабочего диапазона магнитофона Для нормальной работы сквозного канала необходимо чтобы уровень проникшего сигнала был на 10—15 *дб* ниже относительного уровня собственных помех канала. При более простых испытаниях магнитофона измерение проникшего сигнала можно заменить его прослушиванием. Нормальную громкость работы громкоговорителя устанавливают в этом случае предварительно при прослушивании какого-либо магнитофильма, записанного с нормальным уровнем.

Проникание сигналов из канала записи в канал воспроизведения определяют для режима работы магнитофона, соответствующего наименьшей скорости ленты при номинальном напряжении электропитания.

48. ИЗМЕРЕНИЯ В СКВОЗНОМ КАНАЛЕ

В сквозном канале выбирают ток подмагничивания, определяют чувствительность, акустическую устойчивость, отсутствие остаточного намагничивания головки записи и записи коммутационных помех, измеряют частотную характеристику и определяют симметричность подмагиичивания Методика всех этих испытаний и измерений аналогична описанной ранее. Поэтому ниже будут рассмотрены только некоторые особенности измерений в сквозном канале.

1. Возможность постоянного контроля записи в сквозном канале позволяет измерять частотную характеристику не по отдельным точкам, а непрерывно во всем рабочем диапазоне частот, что делает это измерение более точным, особенно на низких частотах, где характеристика может быть волнистой При измерении могут быть с успехом использованы звуковой генератор скользящего тона и самопишущий регистратор уровня. Изменение частоты генератора должно быть синхронизировано с движением бумаги в самописце. В простейшем варианте такую синхронизацию заменяют нанесением

на бумагу меток, соответствующих определенным значениям звуковой частоты (рис. 34). Для нанесения меток выход генератора нужно кратковременно замыкать (от руки или автоматически), когда его настройка проходит через эти частоты.

2. При измерениях в сквозном канале может быть использован, кроме указанного в разделе 45, еще один способ определения симметрии подмагничивания. Во время записи «паузы» через громкоговоритель прослушиваются различного рода помехи, в том числе шум магнитной ленты. Последний сильно зависит от того, насколько различаются между собой максимальные значения поля подмагничи-

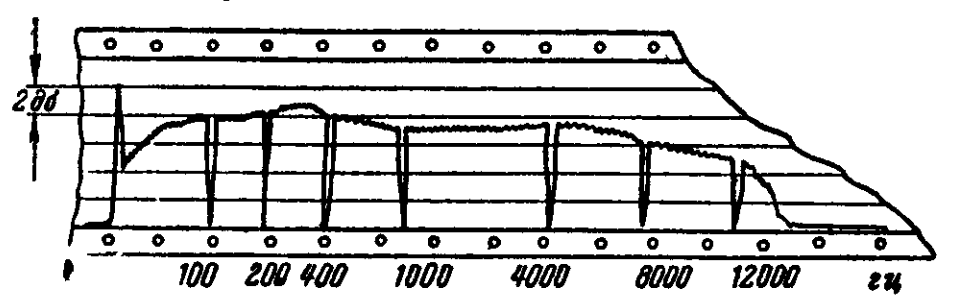


Рис. 34. Запись частотной характеристики сквозного канала на самописце

вания в одном и другом направлениях. Если при записи поднести к рабочему зазору записывающей головки, со стороны основы магнитной ленты, небольшую намагниченную отвертку, то поворачивая ее, можно изменить форму подмагничивающего поля. В том случае, когда это поле симметрично, внесение намагниченной отвертки нарушит симметрию и шум магнитной ленты заметно увеличится на слух. Наоборот, при несимметричном подмагничивании можно подобрать такое положение намагниченной отвертки около головки записи, при котором шум станет меньше.

ИСПЫТАНИЯ МНОГОДОРОЖЕЧНЫХ МАГНИТОФОНОВ

49. МНОГОКАНАЛЬНАЯ И МНОГОДОРОЖЕЧНАЯ ЗАПИСИ

На магнитной ленте можно расположить одну или несколько параллельных дорожек записи. Полученную фонограмму в первом случае называют однодорожечной, во втором многодорожечной или *n*-дорожечной.

Однодорожечная фонограмма на магнитной ленте шириной 6,25 *мм* применяется в студийных и репортажных магнитофонах, поэтому их иногда называют однодорожечными. Большое преимущество однодорожечных фонограмм заключается в возможности монтажа путем разрезания и склеивания ленты. В магнитофонах широкого применения, в частности для любительской звукозаписи, применяют двух- и четырехдорожечную фонограммы. Такие фонограммы можно создавать двумя способами: при первом, во время записи на носителе одновременно образуется только одна дорожка записи; такая запись называется однодорожечной. Для получения

n-дорожечной фонограммы необходимо *n* раз произвести на данной ленте однодорожечную запись.

При втором способе используют *p*-дорожечную запись, при которой на ленте одновременно образуется *p* дорожек записи. Очевидно, что для получения *n*-дорожечной фонограммы нужно произвести *n*/*p* раз *p*-дорожечную запись. Магнитофоны, в которых применяется многодорожечная фонограмма, называют также многодорожечными, или по числу дорожек записи *n*-дорожечными.

Применение в магнитофонах многодорожечной записи чаще всего связано со стереофонической звукозаписью, когда необходимо одновременно записать (а потом и воспроизвести) сигналы, поступающие по нескольким каналам. Такая запись и воспроизведение называются многоканальными. Принципиально количество каналов записи никак не связано с количеством дорожек записи, например многоканальная запись может быть осуществлена на одной дорожке путем частотного или временно́го разделения сигналов, поступающих по разным каналам, а одноканальная может записываться параллельно на нескольких дорожках записи. Однако в магнитофонах практически проще и удобнее выделить для каждого канала записи отдельную дорожку записи, поэтому *p*-канальная стереофоническая звукозапись осуществляется, как правило, путем *p*-дорожечной записи.

В последующих разделах будут рассмотрены особенности испытания монофонических и стереофонических многодорожечных магнитофонов.

50. ИСПЫТАНИЯ МОНОФОНИЧЕСКИХ МНОГОДОРОЖЕЧНЫХ МАГНИТОФОНОВ

В магнитофонах данного типа для перехода при записи или воспроизведении с одной дорожки записи на другую используют один из двух или одновременно оба следующих способа:

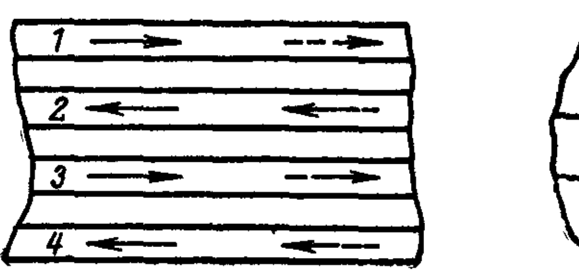
1. Меняют местами катушки с магнитной лентой, расположенные на приемном и подающем узлах лентопротяжного механизма.
2. Изменяют направление рабочего хода ленты на обратное и переходят с одного комплекта магнитных головок на другой.

При двух направлениях рабочего хода ленты испытания лентопротяжного механизма проводят дважды — для каждого из этих направлений в отдельности. При переходе с одного комплекта головок на другой испытания канала воспроизведения, канала записи — воспроизведения и сквозного канала также проводят дважды с каждым из комплектов магнитных головок. Методика всех этих испытаний была описана в предыдущих разделах

Дополнительные испытания для многодорожечных монофонических магнитофонов заключаются в измерении переходного затухания между каналами записи — воспроизведения, которые соответствуют соседним дорожкам записи, и в определении влияния стирающей головки на смежную дорожку записи.

Переходным затуханием называется выраженное в децибелах ослабление сигнала при его переходе из одного канала передачи информации в другой. В магнитофонах величина переходного затухания тем меньше, чем больше длина волны записи, поэтому измерение надо проводить на самой большой скорости ленты. Что касается частоты сигнала, то в ГОСТ 8088-62 переходное затухание для монофонических магнитофонов определено при $f=80$ *гц*. На тщательно размагниченную ленту наносят одну из дорожек записи сигнала с частотой f и с максимальным уровнем. Затем ленту перематывают и запись воспроизводят. Селективным вольтметром, настроенным на частоту f, измеряют выходное напряжение U. Далее, предусмотренным в данном магнитофоне способом переключают его на воспроизведение с соседней дорожки и измеряют выходное напряжение $U_п$, после чего вычисляют переходное затухание как $20 \lg U/U_п$.

В магнитофоне с четырехдорожечной монофонической фонограммой наибольшие помехи испытывают каналы, соответствующие дорожкам записи *3* и *2* (рис. 35), так как каждая из них имеет по две соседних дорожки. Поэтому в таких магнитофонах для определения переходного затухания сначала наносят только дорожку записи *2*



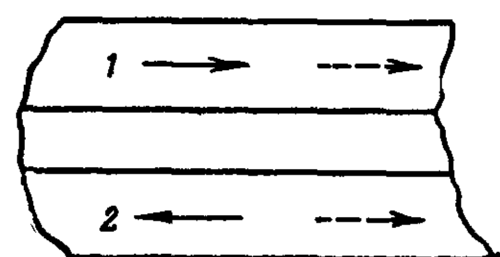


Рис. 35 Расположение дорожек записи в двухдорожечной и четырехдорожечной фонограммах (сплошные стрелки показывают направление монофонической записи, штриховые — стереофонической записи)

и измеряют напряжение $U_{п2=3}$ при воспроизведении с дорожки записи *3*, затем наносят только дорожку записи *4* и измеряют напряжение $U_{п4=3}$ снова при воспроизведении с дорожки записи *3*. Переходное затухание вычисляют как

$$20 \lg \frac{\sqrt{U^2_{п\,2=3} + U^2_{п\,4=3}}}{U}, \qquad (19)$$

где U — выходное напряжение магнитофона при раздельном воспроизведении записей с дорожек *2* и *4* Аналогичным путем измеряют переходное затухание для дорожки записи *2*.

Для определения нежелательного влияния головки стирания на соседнюю дорожку записи двухдорожечной фонограммы, на одной из дорожек записывают сигнал 400 *гц* с максимальным уровнем. Перемотав ленту, воспроизводят запись и измеряют выходное напряжение. Затем магнитофон переключают на запись соседней дорожки. Установив регулятор усиления на максимум затухания, записывают на этой дорожке «паузу». Вновь возвращаются к воспроизведению записи первой дорожки и сравнивают получаемое при этом выходное напряжение с первоначальным. Ослабление напряжения, если оно обнаружено, и служит для оценки влияния поля рассеяния головки стирания Данную проверку следует проводить при максимальном напряжении электропитания магнитофона и наименьшей скорости ленты.

В магнитофонах с четырехдорожечной монофонической фонограммой для аналогичной проверки записывают сигнал частотой 400 *гц* на дорожках *2* и *4*, а затем записывают «паузу» на дорожках *1* и *3* и определяют, насколько при этом изменяется уровень записи на первых двух дорожках.

51. ИСПЫТАНИЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ МНОГОДОРОЖЕЧНЫХ МАГНИТОФОНОВ

Программа испытаний стереофонического магнитофона намного обширнее монофонического, так как он содержит вдвое больше усилительных блоков, образующих два канала воспроизведения, два канала записи — воспроизведения или два сквозных канала. Каждый усилитель и каждый канал должны быть испытаны отдельно по методике, рассмотренной в предыдущих разделах. «Однократными» составными блоками стереофонического магнитофона являются обычно генератор высокой частоты и лентопротяжный механизм. Их испытание также аналогично испытанию соответственных блоков монофонического магнитофона.

В стереофонических магнитофонах широкого применения используют двух- или четырехдорожечную фонограмму. В последнем случае при записи в одном направлении на ленту наносятся дорожки *1* и *3*, а в противоположном — дорожки *2* и *4* (рис. 35). Дорожки *1* и *4* содержат запись, воспроизводимую через левый (от слушателя) громкоговоритель, а дорожки *2* и *3* запись, воспроизводимую через правый громкоговоритель. Изменение направления записи при четырехдорожечной фонограмме достигается или перестановкой катушек с лентой, или изменением направления движения ленты с одновременным переходом на другой комплект магнитных головок. При втором способе испытание лентопротяжного механизма следует проводить дважды — для каждого направления рабочего хода.

Удваивается и число испытуемых каналов: сначала их испытывают с одним комплектом головок, потом с другим. Кроме испытаний, аналогичных испытаниям однодорожечных монофонических магнитофонов, проводят следующие специфические испытания стереофонических магнитофонов:

1. Измерение переходного затухания между стереоканалами и между каналами, которые соответствуют соседним дорожкам записи.
2. Определение влияния стирающей головки на смежные дорожки записи
3. Испытание «совмещенного» индикатора уровня записи.
4. Проверка согласования каналов.

Ниже мы рассмотрим методику перечисленных испытаний.

При измерении переходного затухания между стереоканалами записи — воспроизведения, магнитофон включают на запись при наибольшей скорости ленты и номинальном напряжении электропитания. По одному каналу (и следовательно, на одну дорожку) записывают с максимальным (по показаниям индикатора) уровнем сигнал с частотой *f*, а по второму каналу одновременно записывают «паузу», для чего соответствующий вход магнитофона не соединяют со звуковым генератором, а замыкают на резистор, эквивалентный по сопротивлению источнику э. д. с., на который рассчитан данный вход. Далее ленту перематывают и запись воспроизводят. Селективным вольтметром, настроенным на частоту *f*, измеряют напряжения на выходах обоих каналов. Отношение большего напряжения к меньшему, выраженное в децибелах, представляет собой переходное затухание между первым и вторым стереоканалами. Повторив затем измерение, когда сигнал записывают по второму, а «паузу» по первому каналу, принимают худший результат (т. е. наименьшее значение) за переходное затухание между стереоканалами.

В соответствии с требованиями ГОСТ 8088-62 переходное затухание должно измеряться на частотах 80, 1 000 и 8 000 *гц*. Если стереомагнитофон имеет два комплекта магнитных головок для двух направлений рабочего хода ленты, то переходное затухание измеряют для каждого комплекта головок в отдельности

Полученное в результате описанных измерений переходное затухание характеризует проникание сигнала из одного стереоканала в другой как при записи, так и при воспроизведении. При подробных испытаниях бывает необходимо раздельно определить проникание сигнала при записи и проникание сигнала при воспроизведении. Для этого дополнительно измеряют переходное затухание между стереоканалами воспроизведения. Методика измерений отличается от изложенной только тем, что в том канале, где записывают «паузу», отключают от магнитной головки один из проводов. Сопоставляя переходное затухание между стереоканалами воспроизведения с ранее измеренным переходным затуханием между стереоканалами записи — воспроизведения, можно выяснить, происходит ли нежелательное проникание сигнала в основном при записи или при воспроизведении.

При двухдорожечной стереофонической фонограмме переходное затухание между стереоканалами воспроизведения является одновременно и переходным затуханием между каналами, которые соответствуют соседним дорожкам записи. В отличие от этого при четырехдорожечной стереофонической фонограмме помехи в каждом канале могут возникать не только в результате проникания сигнала из другого стереоканала, но и от каналов соседних дорожек записи, тем более что эти дорожки расположены ближе. Так, например, стереоканал, которому соответствует дорожка записи *3* (рис. 35), испытывает помеху как со стороны второго стереоканала (дорожка записи *1*), так и от каналов, которым соответствуют дорожки *2* и *4*, содержащие другую стереозапись. Помеха от соседних дорожек нормируется и измеряется отдельно как переходное затухание между каналами соседних дорожек записи в монофоническом магнитофоне. Методика измерений аналогична описанной в разделе 50.

Влияние стирающей головки на смежные дорожки записи определяют в тех стерофонических магнитофонах, у которых стирание производится не сразу по всей ширине магнитной ленты. Методика измерений та же, что и приведенная в разделе 50.

В стереофонических магнитофонах могут применяться два раздельных индикатора уровня записи (в каждом из каналов отдельно) или один «совмещенный» индикатор Последний устроен так, что его показания всегда соответствуют наибольшему из уровней записи в обоих каналах. Совмещенный индикатор проверяют сначала как два раздельных по полной программе испытаний, изложенной в разделах 25—29, затем проверяют совместимость его показаний. Для этого, подав на один из входов индикатора (непосредственно или через усилитель магнитофона) сигнал 400 *гц*, устанавливают регу-

лятором усиления максимальный уровень записи. Далее переключают звуковой генератор на второй вход и вновь устанавливают максимальный уровень записи. После такой предварительной настройки напряжение от звукового генератора подают на оба входа одновременно. При исправной работе совмещенного индикатора он по-прежнему должен показать максимальный уровень записи.

Весьма важное испытание для стереомагнитофона заключается в проверке согласования каналов. Под согласованием понимают наличие одинакового коэффициента передачи в обоих стереоканалах и возможность одинаково их регулировать. В стереомагнитофоне в каналах записи и воспроизведения устанавливают, кроме индивидуальных регуляторов, еще и спаренные регуляторы усиления, а в канале воспроизведения также спаренные регуляторы тембра. При испытаниях следует проверять работу всех этих регуляторов, так как от них зависит согласование каналов.

Действие спаренного регулятора тембра наиболее удобно проверять при испытании оконечных усилителей, сравнивая их частотную характеристику в номинальном и крайних положениях регулятора.

Согласование каналов воспроизведения и действие их спаренного регулятора усиления проверяют при проигрывании части У измерительной ленты Выходные напряжения (или мощности) в обоих каналах не должны отличаться более чем на 1 *дб* при всех положениях ручки регулятора. Если имеются подстроечные индивидуальные регуляторы усиления, то выходные напряжения уравнивают как на линейных, так и на мощных выходах. Некоторые стереофонические магнитофоны имеют в каналах воспроизведения регулятор баланса, позволяющий в зависимости от условий прослушивания изменять усиление в каналах, увеличивая его в одном и одновременно уменьшая в другом. При проверке работы спаренного регулятора усиления регулятор баланса должен быть установлен в среднее положение.

Согласование каналов записи и действие спаренного регулятора усиления в этих каналах проверяют путем записи сигнала 400 *гц*, поданного одновременно на входы обоих каналов. Запись производят при различных положениях ручки спаренного регулятора. При последующем воспроизведении определяют разницу выходных напряжений (или мощностей) в обоих каналах, которая сопоставляется с их разницей, измеренной ранее при проигрывании измерительной ленты.

Если стереомагнитофон четырехдорожечный и в нем используются два комплекта магнитных головок (для двух направлений рабочего хода ленты), то согласование каналов записи и каналов воспроизведения проверяют с каждым комплектом отдельно.

Согласование каналов должно сохраняться во всем рабочем диапазоне частот. Сравнивая частотные характеристики обоих каналов воспроизведения стереомагнитофона и обоих его каналов записи — воспроизведения (или сквозных каналов), можно определить рассогласование по наибольшему расхождению между характеристиками, когда они совмещены в одной точке на частоте 1 000 *гц*. Допустимое рассогласование нормировано ГОСТ 8088-62 отдельно для каналов воспроизведения и отдельно для каналов записи — воспроизведения (или сквозных каналов).

Согласование стереоканалов включает также требование их правильной фазировки. Проверку производят раздельно: сначала для

каналов воспроизведения, потом для магнитофона в целом. В правильно работающем стереомагнитофоне при проигрывании измерительной ленты оба выходных напряжения в диапазоне частот до 5—6 *кгц* должны быть синфазны или сдвинуты на небольшой угол. При несимметричных выходах о сдвиге фаз легко судить, подавая эти напряжения одновременно на «горизонтальный» и «вертикальный» входы осциллоскопа и наблюдая на экране фигуру Лиссажу. При симметричных выходах проверку проводят тем же способом, но необходимо предварительно условиться, какой из выходных проводов будет считаться «положительным», а какой — «отрицательным». Соответствующие знаки «+» и «—» должны быть обозначены на схеме и в самом усилителе.

Правильность фазирования нужно проверять как для линейных, так и для мощных выходов магнитофона. При обнаружении неправильной фазировки симметричных выходов переключают концы обмотки одного из выходных трансформаторов; в случае несимметричных выходов прибегают к переключению концов обмотки воспроизводящей магнитной головки в одном из каналов.

Если в состав стереомагнитофона входят громкоговорители, то мощные выходы не фазируют, а фазируют звуковые поля обоих громкоговорителей. Эта проверка требует применения специальных записей шума, но упрощенно может быть осуществлена и с помощью обычного монофонического магнитофильма с записью симфонической музыки. Проигрывая такой магнитофильм, располагают рядом громкоговорители правого и левого каналов. При помощи какого-либо переключателя дают возможность слушателю быстро менять местами провода, подходящие к одному из громкоговорителей, т. е. изменять фазу одного из звуковых полей на 180° Правильной будет та фазировка полей, при которой у слушателя создается впечатление большей интенсивности басовых звуков.

Проверив и установив правильную фазировку каналов воспроизведения, приступают к фазировке каналов записи. При несимметричных входах магнитофонов подключают одновременно к правому и левому каналу звуковой генератор и записывают сигнал 400 *гц*. Воспроизводя затем эту запись и подавая на осциллоскоп напряжение с обоих выходов магнитофона, так как это делалось при фазировке каналов воспроизведения, определяют, синфазны или не синфазны каналы записи. При симметричных входах проверка аналогична, требуется лишь заранее условиться о полярности входных проводов в каждом канале записи. Неправильную фазировку каналов записи исправляют или переключением одного из входных трансформаторов, или переключением головки записи в одном из каналов. Если в комплект магнитофона входят и микрофоны (или один сдвоенный стереомикрофон), то необходимо в заключение проверить и их фазировку. Расположив микрофоны рядом, записывают короткую речь, затем провода одного из микрофонов меняют местами и повторяют запись. Полученный магнитофильм проигрывают на однодорожечном монофоническом магнитофоне. Запись при правильной фазировке микрофонов будет воспроизводиться намного громче и естественнее, чем при неправильной, что и позволит судить о том, какое включение микрофона следует сохранить.

Если в четырехдорожечном стереомагнитофоне применены два комплекта магнитных головок (для каждого направления рабочего хода ленты), то фазировать все каналы надо дважды: с одним и

с другим комплектом головок. Правильное фазирование достигается в этом случае только переключением магнитных головок.

Проверка согласования каналов заканчивается проверкой «правильности сторон», под которой понимают соответствие расположения мнимых источников звука при воспроизведении расположению истинных источников звука при записи. Например, голос исполнителя, находившегося при записи около правого (с точки зрения слушателя) микрофона, при воспроизведении должен быть слышен из правого громкоговорителя.

Правильность сторон проверяют сначала в каналах воспроизведения. Включив магнитофон на воспроизведение, осторожно дотрагиваются намагниченной отверткой до одного из сердечников блока воспроизводящих (или универсальных) магнитных головок (после испытания головки надо размагнитить). В правом или левом громкоговорителе при этом слышен щелчок. Сравнивают положение данного громкоговорителя относительно слушателя и стандартное распределение дорожек записи между каналами, согласно которому дорожки *1* и *3* (рис 35) при четырехдорожечной фонограмме и дорожка *1* при двухдорожечной фонограмме должны соответствовать левому каналу. В случае несоответствия правый и левый громкоговорители меняют местами или переключают их провода.

Далее приступают к проверке правильности сторон в каналах записи. Для этого записывают речь сначала через правый, затем через левый микрофон и прослушивают запись. Если обнаружено, что при воспроизведении стороны спутаны, микрофоны меняют местами.

В стереомагнитофонах с двумя комплектами магнитных головок (для двух направлений рабочего хода ленты) правильность сторон при воспроизведении и записи следует проверять с каждым комплектом головок отдельно.

В заключение этой главы отметим, что при испытаниях многодорожечных магнитофонов (как монофонических, так и стереофонических) необходимо применять следующие измерительные ленты ЛИР: для двухдорожечных монофонических магнитофонов — тип II, для двухдорожечных стереофонических магнитофонов — тип III и для четырехдорожечных (как монофонических, так и стереофонических) — тип IV. Измерительные ленты ЛИР типа I, так же как и ранее выпускавшиеся измерительные ленты РТ, которые содержат одну дорожку записи шириной 6,25 *мм*, применять при данных испытаниях не рекомендуется, так как равномерность их намагничивания по ширине ленты не гарантируется.

ДРУГИЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ МАГНИТОФОНОВ

52. МЕХАНИЧЕСКИЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Во время перевозок, хранения и эксплуатации магнитофоны подвергаются внешним климатическим и механическим воздействиям. Эти воздействия могут быть более или менее сильными в зависимости от условий работы магнитофона. Так, например, студийные магнитофоны и большинство магнитофонов широкого применения эксплуатируются в закрытых отапливаемых помещениях и не подвергаются во время работы механическим воздействиям. В самых неблагоприятных условиях работы находятся репортажные магнитофоны. Такие магнитофоны должны не только выдерживать механические и климатические воздействия, но и нормально работать во время этих воздействий.

Различают п р о ч н о с т ь и с т о й к о с т ь (или у с т о й ч и в о с т ь) к внешним воздействиям.

П о д п р о ч н о с т ь ю понимают способность магнитофона переносить в выключенном состоянии те или иные внешние воздействия, после чего его качественные показатели остаются в пределах допусков, установленных ГОСТ или техническими условиями на данный магнитофон.

Под с т о й к о с т ь ю понимают способность магнитофона нормально работать при определенных внешних воздействиях.

Таким образом, стойкость характеризует возможный режим эксплуатации, в то время как прочность — режим хранения и транспортировки. Внешние воздействия различны по своему характеру. Для радиоаппаратуры, в том числе для магнитофонов, такими воздействиями могут быть механические удары, вибрации, нагрев, охлаждение, сырость, пониженное атмосферное давление, солнечная радиация, действие пыли, водяных брызг, газов и др. Соответственно различают ударопрочность и ударостойкость, вибропрочность и вибростойкость, теплопрочность и теплостойкость и т. д.

Для магнитофонов широкого применения основные климатические и механические требования изложены в стандарте, который разделяет магнитофоны на три группы: I — магнитофоны, работающие в помещении; II — устанавливаемые в автомашинах и III — работающие на открытом воздухе, на ходу и перевозимые всеми видами транспорта. После пребывания в условиях, оговоренных в том или ином требовании к прочности, магнитофон помещают в комнату с температурой воздуха 25±10° С, влажностью 65±15% и давлением 650—800 *мм рт. ст.*, где проверяют основные качественные показатели лентопротяжного механизма и канала записи — воспроизведения (или сквозного канала).

Те же испытания повторяют затем при условиях, оговоренных в требованиях к стойкости магнитофона. Сам магнитофон находится при этом в соответствующей испытательной камере, а измерительная аппаратура около нее. Измерения проводят не сразу после того, как магнитофон помещен в камеру, а спустя время, необходимое для установления того или иного климатического режима, например через 2 *ч* при испытании на холодостойкость, через 2 *ч* при испытании на теплостойкость и спустя 48 *ч* при испытании на влагостойкость.

При проверке на теплостойкость следует обратить особое внимание на нагрев магнитофона. Для этого магнитофон, включенный на запись (без магнитной ленты) выдерживают в камере тепла в течение 2 *ч* при максимальном напряжении электропитания. Далее измеряют температуру обмоток двигателей, трансформаторов, магнитных головок и других намоточных изделий. Измерение проводят путем сравнения их активного сопротивления R_2 в нагретом состоянии (при температуре T_2) с сопротивлением R_1 при комнатной температуре (T_1). Для обмоток из медной проволоки

$$T_2 = T_1 + 250\,\frac{R_2 - R_1}{R_1}\,. \qquad (20)$$

При помощи ртутных термометров и термопар определяют также температуру других наиболее критичных по перегреву деталей, полупроводниковых приборов и резисторов. Одновременно измеряют электрические напряжения и мощности рассеивания в этих деталях, а также в электронных лампах. Полученные результаты сопоставляются с предельными режимами работы, приведенными в справочниках для соответствующих деталей. Превышать эти режимы недопустимо. При проверке опытных образцов на влагостойкость следует иметь в виду, что из-за ухудшения во влажной атмосфере изоляции увеличивается возможность самовозбуждения магнитофона, уменьшается переходное затухание, возможен электрический пробой (особенно в генераторе высокой частоты и выпрямителе), а в магнитофонах, питающихся от сети переменного тока, появляется утечка переменного тока на корпус и органы управления магнитофона. Поэтому все эти обстоятельства должны быть тщательно проверены.

Во время климатических испытаний магнитофона следует учитывать, что сама по себе магнитная лента мало устойчива к климатическим воздействиям и довольно быстро портится в сырости и при высокой температуре Поэтому выдерживать магнитофоны положенное время в испытательных камерах нужно без магнитной ленты, устанавливая ее только на время измерений. Магнитные свойства ленты не зависят от влажности окружающего воздуха, но заметно изменяются от температуры. Влияние этих изменений на качество записи можно значительно уменьшить, если выбирать подмагничивание при каждой данной температуре Это учитывается при испытаниях на теплостойкость и в тех магнитофонах, где по условиям эксплуатации подмагничивание можно подбирать перед началом записи, его подбирают и при испытаниях уже во время нахождения магнитофона в испытательной камере

53. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Магнитофоны могут быть рассчитаны на питание:

1) от сети переменного тока;

2) от внешних источников постоянного тока, не входящих в состав магнитофона;

3) от источников постоянного тока (батарей или аккумуляторов), входящих в состав магнитофона.

В первом и втором случаях при испытаниях требуется определить мощность, потребляемую магнитофоном от источника электропитания. Мощность измеряют ваттметром при разных скоростях ленты и для различных режимов работы, т. е. при записи, воспроизведении, ускоренной перемотке и при остановленной ленте.

В третьем случае определяют максимальную продолжительность непрерывной работы магнитофона с одним комплектом источников питания Установив в магнитофон новый комплект батарей или свежезаряженный аккумулятор, замечают время и начинают непрерывную эксплуатацию магнитофона в некотором «среднем» режиме его работы. Такой режим может заключаться, например, в повторении следующего цикла: запись (в пределах полного рулона ленты), перемотка ленты, пятикратное воспроизведение записи с промежуточными перемотками, снова запись и т д. Так как ток, потребляемый оконечным усилителем, часто зависит от выходной мощности, надо следить, чтобы при записи и при воспроизведении выходная

мощность усилителя магнитофона была равна номинальному значению Записывать можно сигнал любой средней частоты. Испытания продолжают до тех пор, пока напряжение источника питания не снизится до установленного техническими условиями на данный магнитофон Окончив испытание определяют по часам время, в течение которого магнитофон работал. Испытание многоскоростного магнитофона на длительность работы источника питания проводят последовательно на всех скоростях ленты.

54. АКУСТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Для тех магнитофонов, которые имеют в своем составе громкоговоритель, качество звучания — весьма важная характеристика. Нетрудно понять, что это качество еще не определяется показателями каналов воспроизведения и записи — воспроизведения и во многом зависит от громкоговорителя, его расположения в магнитофоне, акустических свойств ящика и других причин. Поэтому было бы весьма полезно измерять все качественные показатели магнитофона не по электрическому напряжению на выходной нагрузке, а по звуковому давлению в поле громкоговорителя Точно так же для тех магнитофонов, которые комплектуются микрофоном, было бы очень важно при испытаниях звуковой сигнал на вход подавать не в виде э. д. с., а воздействуя на микрофон калиброванным звуковым полем. При этих условиях характеристики канала записи — воспроизведения или сквозного канала были бы характеристиками магнитофона «от воздуха до воздуха» и объективно определяли качество звукопередачи через магнитофон как через некоторый четырехполюсник. Однако вследствие трудностей акустических измерений, которые следует проводить в специально заглушенном помещении, и из-за отсутствия норм на акустические характеристики магнитофонов до настоящего времени акустические испытания магнитофонов очень ограничены и заключаются лишь в следующем: во время испытания опытных образцов комиссия экспертов, состоящая из людей с хорошим музыкальным слухом, прослушивает ряд специально подобранных музыкальных записей дает оценку качества звучания и отбирает 1—2 магнитофона в качестве эталона

При испытаниях серийных магнитофонов данного типа звучание их также прослушивают При этом используется магнитофильм со специально подобранной короткой, но разнообразной музыкальной программой. Обращают внимание на отсутствие «плавания», дребезжания, хрипов, «бубнения» и других искажений звука. Прослушивается также шум лентопротяжного механизма во время рабочего хода и перемотки ленты. В сомнительных случаях проверяемый магнитофон сопоставляют с утвержденным для данного магнитофона эталоном.

55. ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ

Генератор высокой частоты магнитофона создает электромагнитные помехи не только электронным устройством самого магнитофона, но и прибором, расположенным вблизи него Эти помехи особенно сказываются на работе радиоприемников, так как гармоники генератора находятся в диапазонах длинных и средних волн Поэтому высокочастотные помехи, создаваемые магнитофоном, строго нор-

мируются* и подлежат измерению во время испытаний. Измерения проводят измерителем помех, например типа ИП-12М (П4-4).

Напряженность поля помехи измеряется на расстоянии 1 *м* со всех сторон от магнитофона и не должна превышать 2 *мкв/м* в диапазоне 0,15—0,5 *Мгц*.

В магнитофонах, питающихся от сети переменного тока, высокочастотная помеха может распространяться не только через окружающее пространство, но и по проводам электросети. Для определения этой составляющей помехи измеряют ее напряжение между каждым проводом сети и землей. Оно не должно превосходить 20 *мв* в указанном диапазоне частот. В качестве вольтметра применяют тот же измеритель помех, но с отключенной антенной. Если магнитофон смонтирован с радиоприемником (магнитола), то необходимо, кроме измерения помех, прослушать их действие на прием радиостанций данным приемником.

---

* Нормы предельно допустимых индустриальных радиопомех, Связьиздат, Москва, 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

Мне всегда нравились старые, сильно потрёпанные книжки. Потрёпанность книги говорит о её высокой востребованности, а старость о вечно ценном содержании. Всё сказанное в большей степени касается именно технической литературы. Только техническая литература содержит в себе ту великую и полезную информацию, которая не подвластна ни политическим веяниям, ни моде, ни настроениям! Только техническая литература требует от своего автора по истине великих усилий и знаний. Порой требуется опыт целой жизни, чтобы написать небольшую и внешне невзрачную книгу.

К сожалению ни что не вечно в этом мире, книги треплются, разваливаются на отдельные листы, которые затем рвутся в клочья и уходят в никуда. Плюс ко всему орды варваров, которым без разницы, что бросить в костёр или чем вытереть свой зад. Именно их мы можем благодарить за сожженные и растоптанные библиотеки.

Если у Вас есть старая книга или журнал, то не дайте им умереть, отсканируйте их и пришлите мне. Совместными усилиями мы можем создать по истине уникальное и ценное собрание старых технических книг и журналов.

Сайт старой технической литературы:

http://retrolib.narod.ru